

Universidad Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Ingeniería Mecánica



Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Trabajo Fin de Grado

PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO CEPE/ONU 55 SOBRE DISPOSITIVOS DE ACOPLAMIENTO EN VEHICULOS A MOTOR

Autor: D. Carlos Serrano Hernández

Tutor: D. Guillermo Magáz Pilar

SEPTIEMBRE, 2015

*“Cuando todo parece ir en tu contra,
recuerda que el avión despegue en
contra del viento, no con él”*

Henry Ford

Agradecimientos

Este proyecto es gran parte del resultado del esfuerzo realizado durante todos estos años. Ha sido una oportunidad para hacer frente a mi interés por el mundo de la mecánica y la automoción desde siempre, pero a un nivel superior desde que entre en esta universidad.

Quiero dar las gracias en primer lugar a mi padre, pues sin su pasión por todo lo relacionado con la maquinaria, la mecánica, los coches y la oportunidad que me ha dado de poder aprender con él, difícilmente hubiera podido hacer esto.

También quiero agradecer a mi madre por sus ánimos para seguir adelante y por apoyar mis ideas y planes para mi futuro estudiantil.

A mi tutor, por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto y a quién agradezco su orientación para poder haberlo desarrollado adecuadamente.

A mis amigos de toda la vida, con quienes he podido disfrutar de mi tiempo libre y quienes han sabido apoyarme y comprenderme durante todo este camino, tanto en los momentos de celebración como en los momentos de trabajo duro.

A mis amigos de la universidad, ya que junto a ellos he pasado gran parte de los mejores momentos de esta etapa académica. Agradecerles el apoyo mutuo y guardar gran recuerdo tanto de aquellos que han querido explorar nuevos horizontes en el extranjero como los que permanecen aquí.

No me quiero olvidar de alguien, Antonio, mi profesor de dibujo técnico en bachillerato, alguien que supo hacerme ver que era capaz de hacer grandes cosas si me lo proponía.

Por último, a todas aquellas personas que de forma consciente o inconsciente han tratado de animarme en los momentos complicados y han hecho posible la realización de este proyecto, ya fueran familiares, amigos o desconocidos. Ellas saben quiénes son.

Resumen

En este trabajo de fin de grado se establecen una serie de procedimientos que permiten verificar el correcto cumplimiento de la normativa CEPE/ONU 55 sobre dispositivos de acoplamiento mecánico en vehículos a motor.

Por un lado se establecen los distintos procesos a seguir dependiendo del tipo de dispositivo, indicando el instrumental y material necesario y asegurando tanto la correcta ejecución de cada uno de los pasos a seguir en las verificaciones visuales y de resistencia mecánica, como la seguridad del operario durante la realización de estas.

Por otro lado se analizan los útiles que han sido diseñados de forma específica para la realización de los ensayos y mediciones necesarias, reflejando tanto los planos y dimensiones de estos como los análisis de resistencia mecánica de estos dispositivos realizados mediante programas CAD-CAE.

Todo esto en su conjunto da lugar a una manual funcional que permite el cumplimiento de los objetivos de verificación de la normativa sin olvidar la seguridad y confort del operario en las labores que deba desempeñar.

Palabras clave: normativa, diseño mecánico, ensayos de resistencia, CAD, CAE, acoplamientos mecánicos, planos, seguridad, procedimientos de ensayo, instrumental de medición.

Abstract

In this bachelor thesis a series of procedures are set to allow verifying proper compliance of CEPE/ONU 55 normative about mechanical coupling devices on motor vehicles.

On the one hand, are established the different procedures depending on the type of device, indicating instruments and necessary materials and ensuring both the correct execution of each of the steps in the visual checks and mechanical tests, as operator safety while performing these.

On the other hand, the tools that have been designed specifically to perform the necessary tests and measurements have been testing, reflecting both planes and dimensions such the analysis of mechanical resistance of these devices using CAD-CAE software.

All this together leads to a practical manual that allows the fulfillment of the objectives of verification rules without forgetting safety and comfort for the operator in the work to be performed.

Keywords: regulations, mechanical design, strength tests, CAD, CAE, mechanical couplings, plans, security, test procedures, measuring instruments.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	12
ÍNDICE DE TABLA	15
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	18
Introducción	19
Objetivos y motivación	19
Marco histórico y legislativo	20
Recursos empleados	21
Estructura de la memoria	22
2. PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO	23
Consideraciones previas	24
Listado de útiles diseñados para verificación dimensional y ensayos de resistencia..	29
Acoplamiento tipo gancho	31
Acoplamiento de quinta rueda, cuñas de dirección y placas de soporte	44
Anillos de remolque	66
Bolas de remolque y soportes de tracción	77
Barras de tracción	99
Cabezas de acoplamiento	105
Ganchos de remolque y brazos de tracción	116
Pivotes de acoplamiento de quinta rueda	135
Acoplamiento específicos clase T	143
Dispositivos de indicación y control a distancia	146
3. DISEÑO MECÁNICO	150
Útiles de medida diseñados	151
Diseño y ensayo de las piezas	153
Dispositivos para acoplamiento de quinta rueda	155
Dispositivos para pivotes de quinta rueda	177
Dispositivos para bolas de remolque	179
Útil de acoplamiento	182
Fijaciones	185
Marco de ensayos	195

Aclaraciones y datos adicionales para marco de ensayos	197
4. PRESUPUESTO	199
Presupuesto del trabajo realizado.....	200
Presupuesto de materiales y bienes empleados.....	200
5. CONCLUSIONES Y MEJORAS FUTURAS	204
Conclusiones	205
Mejoras futuras	207
6. REFERENCIAS	209
7. ANEXOS.....	212
Guía de seguridad	213
Aspectos relativos al uso del instrumental de medida	217
Galgas extensiométricas.....	219
Tablas de verificación	227
Planos.....	247

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ejemplo de montaje de útiles para ensayo de elevación en acoplamientos de quinta rueda.....	30
Ilustración 2: Horquilla prensa	30
Ilustración 3: Acoplamiento tipo gancho.....	32
Ilustración 4: Dimensiones y movimientos de acoplamientos tipo gancho de clase K ..	35
Ilustración 5: Dimensiones y aplicación de fuerzas en acoplamientos tipo gancho.....	41
Ilustración 6: Acoplamiento de 5ª rueda de clase G	45
Ilustración 7: Dimensiones y ángulos de acoplamiento de 5ª rueda (1)	48
Ilustración 8: Dimensiones y ángulos de acoplamiento de 5ª rueda (2)	49
Ilustración 9: Dimensiones y ángulos de acoplamiento de 5ª rueda (3)	49
Ilustración 10: Dispositivo de bloqueo para acoplamiento de 5ª rueda.....	50
Ilustración 11: Dimensiones y ángulos para cuñas de dirección montada sobre muelles	53
Ilustración 12: Placa de soporte de clase J para acoplamiento de 5ª rueda	54
Ilustración 13: Modelos de placa de soporte (DAF).....	54
Ilustración 14: Dimensiones principales de placa de soporte de clase J	55
Ilustración 15: Representación de ensayo estático de elevación para acoplamiento de 5ª rueda	62
Ilustración 16: Anillo de remolque de clase D	67
Ilustración 17: Manguito ranurado para anillos de remolque de clase D50	70
Ilustración 18: Manguito no ranurado para anillo de remolque de clase D50-C.....	70
Ilustración 19: Dimensiones y ángulos para anillos de remolque de las clases D50-A y D50-X	72
Ilustración 20: Dimensiones y ángulos de anillos de remolque de la clase D50-B	72
Ilustración 21: Ampliación de la sección X de la ilustración 21	72
Ilustración 22: Dimensiones del frontal de la barra de tracción para el anillo de remolque	73
Ilustración 23: Ampliación de la sección Y de la ilustración 21	73
Ilustración 24: Dimensiones y ángulos de anillos de remolque de clase D50-C y D50-D	73
Ilustración 25: Dimensiones de anillo de remolque de clase L	74
Ilustración 26: Bola de remolque de clase A	78
Ilustración 27: Elemento esférico de bola de remolque clase A.....	82
Ilustración 28: Dimensiones de acoplamiento de bola normalizados con pestaña de clase A 50-1	83
Ilustración 29: Dimensiones de acoplamientos de bola con pestaña normalizados de las clases A 50-2 a A 50-5	84
Ilustración 30: Vista lateral de espacios libres para bola de remolque instalada (1)	87
Ilustración 31: Vista superior de espacios libres para bola de remolque instalada (2)...	87
Ilustración 32: Ángulos de aplicación de la carga para $S \leq 120 \times D$	94
Ilustración 33: Ángulos de aplicación de la carga para $S > 120 \times D$	94
Ilustración 34: Ángulos y posiciones de aplicación de cargas para ensayo dinámico....	96
Ilustración 35: Barra de tracción de clase F con freno de inercia y variador de altura	100

Ilustración 36: Funcionamiento de freno de inercia	101
Ilustración 37: Sistema de variación de altura para barra de remolque	102
Ilustración 38: Cabeza de acoplamiento de clase B	106
Ilustración 39: Ejemplificación de los movimientos relativos a realizar con cabezas de acoplamiento de clase B	108
Ilustración 40: Ángulos de aplicación de cargas para acoplamientos con $S < 120 \times D$	112
Ilustración 41: Ángulos de aplicación de cargas para acoplamientos con $S > 120 \times D$	112
Ilustración 42: Gancho de remolque de clase C	117
Ilustración 43: Dimensiones de gancho de remolque de clase C	120
Ilustración 44: Dimensiones normalizadas para instalación de brazos de remolque de clase F	122
Ilustración 45: Rotación horizontal con anillo de remolque acoplado	123
Ilustración 46: Rotación vertical del anillo de remolque acoplado	123
Ilustración 47: Rotación axial del anillo de remolque acoplado	124
Ilustración 48: Distancias mínimas y espacios libres	126
Ilustración 49: Pivote de acoplamiento de 5ª rueda de clase H	136
Ilustración 50: Dimensiones y ángulos para pivote de acoplamiento de 5ª rueda	139
Ilustración 51: Conjunto en el que se emplean acoplamientos de clase T	143
Ilustración 52: Dispositivo de indicación a distancia marca JOST	146
Ilustración 53: Indicación de posición abierta	147
Ilustración 54: Indicación de paso de posición abierta a posición de cierre y doble bloqueo	147
Ilustración 55: Esquema de dispositivo de indicación	148
Ilustración 56: Útil para mediciones en anillos de remolque	151
Ilustración 57: Útil para verificación de bolas de remolque	152
Ilustración 58: Útil para verificar la conicidad de secciones	152
Ilustración 59: Esquema de aplicación de cargas en ensayo de elevación	156
Ilustración 60: Tensión de Von Mises en palanca para ensayo de elevación (clase G)	158
Ilustración 61: Tensión de Von Mises en palanca para ensayo de elevación (clase J)	158
Ilustración 62: Desplazamientos en palanca para ensayo de elevación (clase G)	159
Ilustración 63: Desplazamientos en palanca para ensayo de elevación (clase J)	159
Ilustración 64: Cargas y sujeciones en palanca para ensayo de elevación	160
Ilustración 65: Tensión de Von Mises en soporte para palanca de ensayo de elevación	162
Ilustración 66: Desplazamientos en soporte para palanca de ensayo de elevación	162
Ilustración 67: Cargas y sujeciones en soporte para palanca de ensayo de elevación ..	163
Ilustración 68: Tensión de Von Mises en bulón	164
Ilustración 69: Desplazamientos en bulón	164
Ilustración 70: Cargas y sujeciones en bulón	165
Ilustración 71: Características de ensayo para palanca para ensayo de flexión	165
Ilustración 72: Tensión de Von Mises en palanca para ensayo de elevación	166
Ilustración 73: Desplazamientos en palanca para ensayo de flexión	167
Ilustración 74: Cargas y sujeciones en palanca para ensayo de elevación	167
Ilustración 75: Diagrama S-N para el acero	168
Ilustración 76: Tensiones alternantes	169
Ilustración 77: Curva S-N acero ANSI 2340	171

Ilustración 78: Diagrama tensional de ensayo de fatiga en útil para carga vertical 5ª rueda	173
Ilustración 79: Desplazamientos máximos ensayo de fatiga en útil para carga vertical 5ª rueda	174
Ilustración 80: Diagrama tensional de ensayo de fatiga en útil para carga horizontal 5ª rueda	175
Ilustración 81: Diagrama de desplazamientos de útil para carga horizontal de 5ª rueda	176
Ilustración 82: Diagrama de desplazamientos de útil para pivotes de 5ª rueda.....	178
Ilustración 83: Diagrama de tensiones de Von Mises de útil para bolas de remolque .	180
Ilustración 84: Diagrama de desplazamientos de útil para bolas de remolque.....	181
Ilustración 85: Diagrama de tensiones de Von Mises de útil de acoplamiento	183
Ilustración 86: Diagrama de desplazamientos de útil para acoplamiento	184
Ilustración 87: Diagrama de tensiones de Von Mises del soporte grande	186
Ilustración 88: Diagrama de desplazamientos de soporte grande.....	186
Ilustración 89: Diagrama de tensiones de Von Mises del soporte pequeño	188
Ilustración 90: Diagrama de desplazamientos de soporte pequeño	189
Ilustración 91: Diagrama de tensiones de Von Mises de soporte para pivote de quinta rueda	191
Ilustración 92: Diagrama de desplazamientos de soporte para pivote de quinta rueda	191
Ilustración 93: Soporte para anillos de remolque	193
Ilustración 94: Diagrama de desplazamientos de soporte para anillo de remolque.....	194
Ilustración 95: Diagrama de tensiones de Von Mises de marco de ensayos	196
Ilustración 96: Diagrama de desplazamientos de marco de ensayos	196
Ilustración 97: Ejemplo de visualización del conjunto.....	197
Ilustración 98: Principio de funcionamiento de galga extensiométrica.....	219
Ilustración 99: Partes de una galga extensiométrica.....	219
Ilustración 100: Puente de Wheatstone	220
Ilustración 101: Puente de Wheatstone en configuración "cuarto de puente"	222

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Valores característicos que deben estar marcados en los dispositivos de acoplamiento.....	27
Tabla 2: Útiles para verificación dimensional	29
Tabla 3: Útiles para ensayos de resistencia	29
Tabla 4: Valores de los parámetros característicos para ensayos mecánicos	37
Tabla 5: Subclase de acoplamiento de 5ª rueda según el valor del parámetro H	48
Tabla 6: Valores de parámetros característicos para anillos de remolque de clase D	76
Tabla 7: Valores de parámetros característicos para anillos de remolque de clase L	76
Tabla 8: Tipos de acoplamientos de bolas de remolque y soportes de tracción	89
Tabla 9: Valores de los parámetros característicos para bolas de remolque de clase A.	90
Tabla 10: Fuerzas de ensayo establecidas	133
Tabla 11: Fuerzas de ensayo para acoplamientos específicos de clase T	145
Tabla 12: Características de ensayo para palanca de elevación	156
Tabla 13: Características de ensayo para soporte para palanca de elevación.....	161
Tabla 14: Características de ensayo para bulón.....	163
Tabla 15: Características de ensayo de útil para aplicación de cargas verticales	172
Tabla 16: Frecuencias naturales de placa para aplicación de cargas verticales	172
Tabla 17: Características de ensayo de útil para aplicación de cargas horizontales.....	174
Tabla 18: Frecuencias naturales de útil para cargas horizontales.....	175
Tabla 19: Características de útil para aplicación de cargas en pivotes de 5ª rueda	177
Tabla 20: Frecuencias naturales de útil para pivotes de quinta rueda	177
Tabla 21: Características de ensayo de útil para aplicación de cargas en bolas de remolque	179
Tabla 22: Frecuencias naturales de útil para bolas de remolque	179
Tabla 23: Características de ensayo de útil de acoplamiento	182
Tabla 24: Frecuencias naturales de útil de acoplamiento	182
Tabla 25: Características de ensayo para soporte pesado	185
Tabla 26: Frecuencias naturales de soporte pesado	185
Tabla 27: Características de ensayo para soporte ligero.....	187
Tabla 28: Frecuencias naturales de soporte ligero.....	187
Tabla 29: Características de ensayo de soporte para pivote de quinta rueda	189
Tabla 30: Frecuencias naturales de soporte para pivote de quinta rueda	190
Tabla 31: Características de ensayo para soporte para anillos de remolque	192
Tabla 32: Frecuencias naturales de soporte para anillos de remolque	192
Tabla 33: características de ensayo para marco de ensayos	195
Tabla 34: Frecuencias naturales de marco de ensayos	195
Tabla 35: Presupuesto del trabajo realizado	200
Tabla 36: Presupuesto de materiales y bienes empleados	201
Tabla 37: Clasificación de bienes empleados en el presupuesto	202
Tabla 38: Configuraciones de galgas para puente de Wheatstone	221
Tabla 39: Ensayo válido	226
Tabla 40: Ensayo no válido	226
Tabla 41: Clase K1	227
Tabla 42: Clase K2	227

Tabla 43: Clase K3	228
Tabla 44: Clase K4	228
Tabla 45: Clase KA1	229
Tabla 46: Clase KA2	229
Tabla 47: Clase KA3	230
Tabla 48: Giros y rangos de movimiento entre acoplamientos de clase K y clase L ...	230
Tabla 49: Dimensiones de acoplamientos de 5ª rueda	231
Tabla 50: Rangos y ángulos de movimiento	232
Tabla 51: Dimensiones para acoplamiento de placa de soporte	232
Tabla 52: Dimensiones de anillos de remolque de clase D50	233
Tabla 53: Dimensiones de anillo de remolque de clase D50-C.....	233
Tabla 54: Valores de los parámetros "h" y "b" de acoplamientos de clase D50-A y D50-X	233
Tabla 55: Dimensiones y ángulos para anillos de remolque de las clases D50-A y D50-X	234
Tabla 56: Dimensiones y ángulos de anillos de remolque de la clase D50-B.....	234
Tabla 57: Dimensiones del frontal de la barra de tracción para el anillo de remolque	235
Tabla 58: Dimensiones y ángulos de anillos de remolque de clase D50-C y D50-D...	235
Tabla 59: Dimensiones de anillo de remolque de clase L1 y L5	236
Tabla 60: Dimensiones de anillo de remolque de clase L2, L3 y L	236
Tabla 61: Dimensiones de elemento esférico de bola de remolque clase A.....	236
Tabla 62: Dimensiones de acoplamiento de bola normalizados con pestaña de clase A 50-1	237
Tabla 63: Dimensiones de acoplamientos de bola con pestaña normalizados de las clases A50-2 y A50-4.....	237
Tabla 64: Dimensiones de acoplamientos de bola con pestaña normalizados de las clases A50-3 a A50-5	237
Tabla 65: Distancia de puntos de anclaje de acoplamientos de clase A	238
Tabla 66: Dimensiones para de espacios libres para bola de remolque (1).....	238
Tabla 67: Dimensiones para de espacios libres para bola de remolque (2).....	238
Tabla 68: Distancias mínimas para elementos de barras de tracción	239
Tabla 69: Rotaciones mínimas establecidas	239
Tabla 70: Ángulos de giro y rangos de movimiento mínimos	240
Tabla 71: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-1	240
Tabla 72: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-2	241
Tabla 73: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-3	241
Tabla 74: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-4	242
Tabla 75: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-5, C50-6 y C50-7	242
Tabla 76: Dimensiones comunes para todos los ganchos de remolque normalizado...	243
Tabla 77: Dimensiones compatibles para clase C50-1	243
Tabla 78: Dimensiones compatibles para clase C50-2.....	244
Tabla 79: Dimensiones compatibles para clase C50-3.....	244
Tabla 80: Dimensiones compatibles para clase C50-4.....	244
Tabla 81: Dimensiones compatibles para clase C50-5, C50-6 y C50-7	245
Tabla 82: Ángulos de rotación mínimos.....	245
Tabla 83: Ángulos mínimos de articulación para acoplamiento	245

Tabla 84: Distancias y espacios libres	246
Tabla 85: Dimensiones y ángulos de pivotes de acoplamiento de 5ª rueda	246
Tabla 86: Rangos de movimientos de acoplamientos específicos de clase T	246

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Introducción

En este apartado se realizará una presentación sencilla y aclaratoria sobre el problema que se plantea para desarrollar un procedimiento de verificación del reglamento CEPE/ONU 55 sobre dispositivos de acoplamiento en vehículos a motor y el diseño de las máquinas y útiles necesarios para ello.

Entre los principales aspectos, este trabajo servirá para facilitar la labor de los operarios de taller cuando necesiten llevar a cabo tareas de verificación del cumplimiento del reglamento. Para ello se establecerán diferentes procedimientos a seguir y se realizará el diseño y análisis de herramientas que permitan llevarlos a cabo.

Además, también adquiere importancia el carácter legislativo de la norma en relación a la legislación previa, ya que existen diferencias legales en cuanto al cumplimiento y adopción de esta debido al ámbito internacional de aplicación entre otros aspectos.

Para expresar todo esto de una forma clara y más fácilmente comprensible, en este capítulo se presentaran una serie de secciones que desglosan brevemente las cuestiones que se plantean en este trabajo, las acciones realizadas y soluciones obtenidas.

Objetivos y motivación

El objetivo principal de este proyecto es la realización de una serie de procedimientos cuya realización implique el cumplimiento de la normativa vigente en el ámbito de los dispositivos de acoplamiento mecánico en vehículos a motor.

Cada uno de estos procedimientos cubre todos los aspectos necesarios para ser efectivo, como la descripción del instrumental necesario, desglose de cada uno de los pasos a seguir o requisitos e indicaciones de seguridad.

Todo esto implica además el desarrollo de útiles y maquinaria que se adapte a las necesidades concretas de cada dispositivo diferente, de forma que los procedimientos descritos puedan ser realizados de un modo más organizado, estructurado y sencillo. De acuerdo a las premisas mencionadas pueden establecerse una serie de directrices que han sido tenidas en cuenta en el desarrollo del proyecto:

- Desarrollo de los procedimientos de forma simple y estructurada.
- Garantizar en cada una de las fases de preparación y verificación la seguridad e integridad del personal encargado de llevar a cabo dichas tareas.
- Diseño y análisis de las herramientas necesarias, que por su forma y características no puedan ser sustituidas por otras normalizadas de carácter estándar y empleo de materiales e instrumental normalizado de forma preferente.

- El diseño de los útiles y herramientas será realizado de forma esquemática, orientado principalmente a los aspectos de resistencia mecánica y sin participar en el diseño de los diferentes subsistemas adicionales que puedan ser necesarios.
- No será objeto de este proyecto el diseño de subsistemas como puedan ser elementos de control y actuación hidráulica, eléctrica o electrónica, centrándose únicamente en cuestiones de diseño mecánico.

Marco histórico y legislativo

Previamente a la adopción del Reglamento CEPE/ONU 55 (adhesión a la UE realizada el 4 de julio de 2006) por parte de la legislación europea y seguidamente por la legislación española, en España estaba vigente una regulación previa, la Directiva CE 94/20.

No obstante, aunque a efectos prácticos ambas normativas podrían ser muy similares en los que requisitos y condiciones que deben satisfacer los dispositivos de acoplamiento mecánico, una de las diferencias esenciales entre ambas normativas en el calificativo de “Directiva” o de “Reglamento” dentro del contexto legislativo de España como miembro de la Unión Europea. A continuación se definen y se expone brevemente la diferencia entre ambos:

- **Reglamento:** Es un acto legislativo de carácter vinculante, es decir, tiene un alcance general en toda la Unión Europea y puede ser directamente aplicable en cada país miembro. Esto implica que no puede ser aceptado o aplicado de forma parcial, y que no es necesario que sean realizadas por parte de los gobiernos de los Estados ningún tipo de legislación adicional más allá de la publicación de las fechas de adhesión y entrada en vigor. [1]
- **Directiva:** Es un acto legislativo de carácter no vinculante mediante el cual solo son establecidos los objetivos a cumplir sin que queden reflejadas las formas o medios para que estos sean alcanzados. No tienen por qué estar dirigidas a todos los Estados miembros. De esta forma, son las legislaciones nacionales de cada país las que deben desarrollar las leyes que garanticen el cumplimiento de los objetivos establecidos por las Directivas. Los efectos de estas no entran en vigor hasta la incorporación a las respectivas legislaciones nacionales dentro de los plazos establecidos, salvo casos excepcionales.[1]
- Habiendo definido previamente ambos conceptos, se puede llegar a las siguientes conclusiones:
 - El Reglamento establece tanto los objetivos a cumplir como los medios para lograrlo, mientras que la Directiva indica los objetivos únicamente.

- El Reglamento entra en vigor en todos los Estados miembros al mismo tiempo mientras que la Directiva entra en vigor cuando los gobiernos de cada Estado miembro respectivamente, desarrollan su propia legislación dentro de un plazo establecido y acuerdan una fecha.
- En presencia de leyes de carácter nacional que difieren con un Reglamento, el cumplimiento de este está por encima anulando a la normativa nacional en el contenido que trata.
- Con lo aclarado previamente, se puede concluir que la adopción de un Reglamento dentro de la Unión Europea puede desembocar principalmente en una estandarización de los procesos. Esto facilitaría de forma notable tanto la movilidad de trabajadores relacionados con el ámbito de aplicación entre los distintos Estados miembros y la aplicabilidad de los diferentes procesos de igual manera.

Hay que indicar, por mera curiosidad, que de acuerdo al Consejo de Estado se dispuso la sustitución de los anexos I y II del Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, sobre las normas para la aplicación de determinadas directivas de la UE, relativas a la homologación de tipo de vehículos automóviles, remolques, semirremolques, motocicletas, ciclomotores y vehículos agrícolas, así como de partes y piezas de dichos vehículos.

De esta forma, al mismo tiempo que entraba en vigor el Reglamento CEPE/ONU 55 sobre Dispositivos de Acoplamiento Mecánico en Vehículos a Motor, entraron también en vigor otra serie de normativas relacionadas con los vehículos automóviles, tras su correspondiente publicación en el “Boletín Oficial del Estado”.

La orden de sustitución fue publicada el 23 de enero de 2014 en Madrid, y firmada por José Manuel Soria López, Ministro de Industria, Energía y Turismo en la fecha mencionada.

Recursos empleados

En la elaboración del presente proyecto se han empleado una serie de recursos tanto a nivel documental y de consulta para la redacción del mismo, como programas informáticos para el desarrollo de los planos y ensayos de las diferentes piezas elaboradas. A continuación se detallan brevemente los diferentes medios y mecanismos empleados:

- Normativa propia del desarrollo del proyecto, es decir, reglamento CEPE/ONU 55 sobre los dispositivos de acoplamiento mecánico en vehículos a motor.
- Catálogos y documentación de normativas complementarias fabricantes y proveedores.
- Programa de diseño CAD Solid Edge V19 (versión para estudiantes).

- Programa de diseño y simulación CAD-CAE SolidWorks.
- Programa Microsoft Word y Microsoft Excel para la elaboración y redacción del presente documento y las tablas que se incluyen.

Estructura de la memoria

Aunque se ha realizado pequeñas aclaraciones sobre este aspecto previamente, a continuación se explica cuál ha sido la forma en la que el presente proyecto ha sido estructurado de acuerdo a su contenido y sus objetivos.

La memoria se divide en 5 secciones principales: “Introducción”, “Desarrollo de procedimientos”, “Diseño y análisis mecánico”, “Presupuesto” y “Conclusiones y mejoras futuras”. Además de estas secciones principales, de forma complementaria al trabajo de la memoria desarrollado, el proyecto cuenta con una sección de “Referencias” de la documentación consultada y “Anexos”.

El contenido de cada una de las secciones descritas es:

- Introducción: Se realiza una breve exposición del problema planteado y del modo en que este va a ser desglosado y estructurado para proceder a su resolución.
- Desarrollo de los procedimientos de laboratorio: Supone el objetivo principal del proyecto. Aquí serán establecidos de forma ordenada todos los procedimientos necesarios para cada tipo de dispositivo de acoplamiento mecánico. Son indicados también los útiles necesarios para llevarlos a cabo y todos los aspectos necesarios para garantizar la seguridad de las personas que los vayan a realizar.
- Diseño y ensayo mecánico: Es otro de los puntos fuertes del proyecto. Aquí se describen y detallan los útiles, herramientas y maquinaria que ha sido diseñada de forma específica para este tipo de procedimientos. Son indicados tanto la forma y geometría de las piezas mediante planos como los análisis de resistencia realizados mediante programas CAD-CAE.
- Presupuesto: Aquí quedan reflejados todos los costes relativos tanto a hora de trabajo empleado como de los materiales e instrumental que sería necesario para poder llevar a cabo este proyecto en términos de herramientas y maquinaria mínima.
- Conclusiones y mejoras futuras: Se justifican las decisiones finales establecidas. Además, debido a las posibles mejoras que no han podido ser desarrolladas durante las fases de diseño y desarrollo del proyecto, se exponen de forma breve aquellas que por sus efectos positivos podrían ser llevadas a cabo en un futuro, y se hace una exposición general de los resultados obtenidos en conjunto.

2. PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO

Consideraciones previas

Una de las primeras cosas a tener en cuenta es el alcance que va a tener este proyecto de acuerdo a los procedimientos que se establecen en el reglamento CEPE/ONU 55 para establecer mínimamente las líneas de actuación.

A continuación quedan reflejados, de igual manera que en el reglamento mencionado, todos los dispositivos de acoplamiento susceptibles de ser sometidos a los correspondientes ensayos descritos en este proyecto:

- De forma más explícita, este reglamento se refiere a dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento destinados a:
 - Vehículos de motor y sus remolques diseñados para constituir vehículos combinados.
 - Vehículos de motor y sus remolques diseñados para constituir vehículos combinados cuando la carga vertical aplicada por el remolque sobre el vehículo de motor no sea superior a 200 kN.
- Los dispositivos que serán objeto de análisis para el presente reglamento son, a grandes rasgos:
 - Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento normalizados que se ajustan a las dimensiones y valores característicos que figuran en el presente Reglamento. Son intercambiables dentro de su clase, independiente del fabricante.
 - Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento no normalizados que no se ajustan en todos los aspectos a las dimensiones y valores característicos que figuran en el presente Reglamento, pero pueden unirse a los dispositivos y componentes de acoplamiento normalizados a las clases correspondientes.
 - Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento diversos no normalizados que no se ajustan a las dimensiones y valores característicos que figuran en el presente reglamento y no pueden unirse a los dispositivos y componentes de acoplamiento normalizados.
 - Este último tipo de dispositivo mencionado se corresponde con la clase S, y dentro de esta categoría se incluyen acoplamientos que por su geometría, sus características técnicas o su singularidad no pueden ser clasificados dentro de otra clase. Debido a ello, no quedan establecidos procedimientos concretos para estos. No obstante, serán sometidos a los procedimientos de ensayo correspondientes a los dispositivos que más se asemejen.

- De acuerdo a las definiciones establecidas, se pueden clasificar los dispositivos y elementos de acoplamiento siguiendo la estructura establecida en el reglamento y basándonos en su versión más actualizada hasta la fecha: Revisión 1, Corrección 3 (13 de abril de 2012). La clasificación es la siguiente:

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase A**

Bolas de remolque y soportes de tracción provistos de un elemento esférico de 50 mm de diámetro y soportes en el vehículo tractor que se unen al remolque por medio de una cabeza de acoplamiento.

- Clase A50-1 a 50-5: Bolas de remolque normalizadas de 50 mm de diámetro y con fijación atornillada con pestaña.
- Clase A50-X: Bolas de remolque y soportes de tracción no normalizados de 50 mm de diámetro.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase B**

Cabezas de acoplamiento fijadas a la barra de tracción de los remolque para la unión con la bola de remolque de 50 mm de diámetro del vehículo tractor. Se pueden clasificar entre cabezas de acoplamiento normalizadas (clase B) y no normalizadas (clase B50-X).

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase C**

Ganchos de remolque con un pivote de 50 mm de diámetro y provistos de una mordaza y un pivote de cierre y bloqueo automáticos situados en el vehículo tractor y que lo conectan al remolque mediante un anillo de remolque.

- Clase C50-1 a 50-7: Ganchos de remolque normalizados con pivote de 50 mm.
- Clase C50-X: Ganchos de remolque no normalizados con pivote de 50 mm.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase D**

Anillos de remolque provistos de un orificio paralelo adecuado para un pivote de 50 mm de diámetro y situados en el enganche del remolque para unirse a los ganchos de remolque automáticos.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase E**

Barras de tracción no normalizadas incluidos mecanismos de inercia y otras piezas similares instaladas en la parte delantera del remolque o de su bastidor y acoplables al vehículo tractor mediante anillos, cabezas de acoplamiento y otros dispositivos similares.

Las barras de tracción podrán estar formadas por más de un componente y ser regulables o acodadas. Además, el presente Reglamento atañe a las barras de tracción que constituyen una unidad independiente, que no forman parte del bastidor del vehículo remolcado.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase F**

Brazos de tracción no normalizados incluidas todas las piezas y dispositivos situados entre los dispositivos de acoplamiento, tales como las bolas de remolque y los ganchos de remolque, y el armazón, la carrocería que soporta la carga o el bastidor del vehículo tractor.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase G**

Acoplamientos de quinta rueda, dispositivos con forma de placa provistos de un bloqueo de acoplamiento automático utilizados en vehículos tractores que se unen a los pivotes de quinta rueda de 50 mm de diámetro de un semirremolque.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase H**

Los pivotes de acoplamiento de quinta rueda, de 50 mm de diámetro, que están instalados en un semirremolque que se unen al acoplamiento de quinta rueda del vehículo tractor.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase J**

Placas de soporte no normalizadas, incluidos todos los componentes y dispositivos utilizados para enganchar los acoplamientos de quinta rueda al armazón o el bastidor del vehículo tractor. La placa de soporte podrá estar preparada para moverse horizontalmente, es decir, para permitir una quinta rueda deslizante.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase K**

Acoplamientos tipo gancho normalizados para su uso con los anillos de remolque toroidales de clase L.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase L**

Anillos de remolque toroidales normalizados para su uso con acoplamientos tipo gancho de clase K.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase S**

Dispositivos y componentes no pertenecientes a las clases A - L ni a la clase T y que se utilizan, por ejemplo, para el transporte pesado especial o que son dispositivos exclusivos de algún país y se ajustan a las normas nacionales existentes.

- **Dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento clase T**

Acoplamientos específicos no automáticos y no normalizados que solamente se puedan separar con la ayuda de herramientas y que suelen ser utilizadas en remolques de vehículos de transporte de automóviles. Se homologarán como conjunto inseparable.

Además de las clases de mecanismos y dispositivo descritas, se contemplan una serie de aclaraciones conceptuales sobre algunos elementos auxiliares:

- Las cuñas de dirección son dispositivos o componentes instalados en los semirremolques para corregir la trayectoria del remolque en conexión con el acoplamiento de quinta rueda.
- Los sistemas de control a distancia son dispositivos y componentes que permiten manejar los dispositivos de acoplamiento desde un lado del vehículo o desde la cabina de conducción.
- Los indicadores de distancia muestran en la cabina del vehículo si se ha efectuado el acoplamiento y se han conectado los dispositivos de seguridad.

Para que dos o más dispositivos de acoplamiento mecánicos sean considerados como pertenecientes a la misma clase no deben diferir en los siguientes distintivos:

- Denominación comercial o la marca del fabricante.
- La clase de acoplamiento, según las clases descritas anteriormente.
- La forma externa, las dimensiones principales o diferencias fundamentales de diseño, incluidos los materiales usados.

Aclaraciones sobre marcado de parámetros y disposición de estos

Para facilitar la identificación de los dispositivos y los valores a emplear para la aplicación de las cargas de ensayo, los fabricantes de los acoplamientos deben incluir y marcar de algún modo algunos de esos parámetros.

La tabla que se muestra a continuación establece cuales deben ser los parámetros que vengan marcados para cada dispositivo de acoplamiento:

Descripción del dispositivo	Valores característicos marcados					
	Clase	D	D _c	S	U	V
Bolas de remolque y soportes de tracción	x	x		x		
Cabezas de acoplamiento	x	x		x		
Ganchos de remolque	x	x	x	x		x
Anillos de remolque	x	x	x	x		x
Barras de tracción	x	x	x	x		x
Brazos de tracción	x	x	x	x		x
Acoplamientos de quinta rueda	x	x			x	
Pivotes de quinta rueda	x	x				
Placas de soporte de quinta rueda	x	x			x	
Acoplamientos tipo gancho	x	x	x	x		x

Tabla 1: Valores característicos que deben estar marcados en los dispositivos de acoplamiento

Un ejemplo de denominación que apareciera en un dispositivo puede ser el siguiente:

- B 50 D30 S150: Se trata una cabeza de acoplamiento de la clase B con un valor “D” máximo de 30 kN y una masa vertical máxima autorizada de 150 kg.

El significado de cada uno de los parámetros indicados es el siguiente se indica a continuación:

- El parámetro “D” es el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque, y que además será tomada como base para las cargas horizontales en los ensayos dinámicos, y que además será aplicable en los dispositivos que no estén diseñados para soportar cargas verticales aplicadas.
- El parámetro “Dc” es el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque, y que además será tomada como base para las cargas horizontales en los ensayos dinámicos en los dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento adecuados para remolques de eje central.
- El parámetro “S” es la masa vertical aplicada en condiciones estáticas sobre el acoplamiento por un remolque de eje central cargado con la masa máxima técnicamente (y no necesariamente legal en el estado correspondiente) autorizada.
- El parámetro “V” es el valor teórico de referencia de la amplitud de la fuerza vertical aplicada sobre el acoplamiento sobre el remolque de eje central de una masa máxima técnicamente autorizada. Se tomara como base para las fuerzas verticales en los ensayos dinámicos.
- El parámetro “U es la masa máxima vertical, en toneladas, aplicada sobre el acoplamiento de quinta rueda por un semirremolque cargado con la masa máxima técnicamente autorizada.

Como última aclaración, es necesario indicar que para la aplicación de cargas que presentan un determinado ángulo respecto a la horizontal, la mesa de ensayos inclinable y desplazable puede emplearse para dicha tarea. Además, también se dispone del pistón de doble efecto instalado de forma inclinada que puede ser colocado con una inclinación de 15° o 20°.

Listado de útiles diseñados para verificación dimensional y ensayos de resistencia

Útiles para verificación dimensional

Designación	Referencia
Galga para chaflanes internos 30° y 40°	Dim-01
Útil para bolas de remolque	Dim-02
Útil para pivotes de quinta rueda	Dim-03

Tabla 2: Útiles para verificación dimensional

Útiles para ensayos de resistencia

Designación	Referencia
Palanca para ensayo de elevación (clase G)	ENS-001
Palanca para ensayo de elevación (clase J)	ENS-002
Soporte para palanca de elevación	ENS-003
Palanca para ensayo de flexión	ENS-004
Placa para aplicación de cargas verticales en quinta rueda	ENS-005
Útil para aplicación de cargas horizontales en quinta rueda	ENS-006
Útil para aplicación de cargas en pivotes de acoplamiento de quinta rueda	ENS-007
Útil para aplicación de cargas en bolas de remolque	ENS-008
Útil de acoplamiento para pistón	ENS-009
Soporte grande	ENS-010
Soporte pequeño	ENS-011
Soporte para pivotes de quinta rueda	ENS-012
Marco para ensayos	ENS-013
Tapa para útil de aplicación de cargas en bolas de remolque	ENS-014
Mesa de sujeción	ENS-015
Bulón	ENS-016
Soporte para anillos de remolque	ENS-017

Tabla 3: Útiles para ensayos de resistencia

Adicionalmente a esto, también se encuentra la prensa vertical de 30 ton para el ensayo de elevación en los acoplamientos de quinta rueda, la horquilla que incorpora para poder acoplarle el útil “ENS-003”, y las prolongaciones del pistón que pueden montarse y desmontarse según sean o no necesarias, especialmente para la aplicación de fuerzas en el ensayo de flexión para acoplamientos de quinta rueda.

A continuación se muestra una ilustración en la que queda reflejado el montaje del conjunto del soporte para la palanca de elevación y la palanca de elevación mediante la unión articulada posibilitada por el bulón.

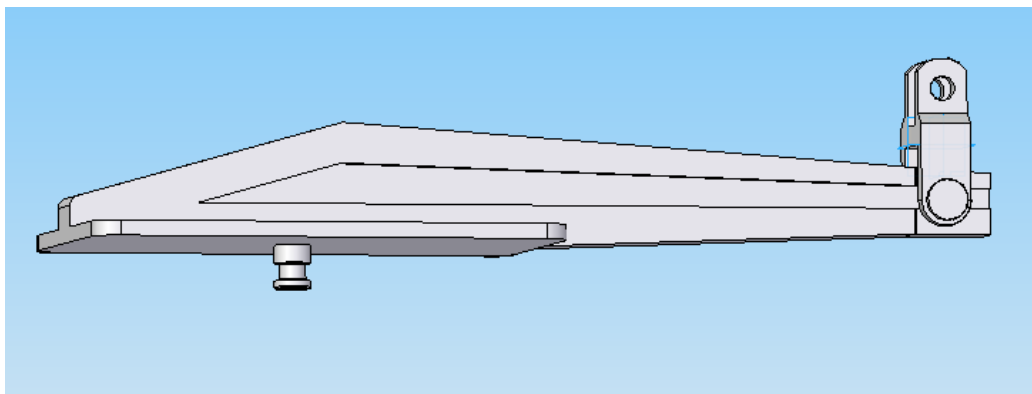


Ilustración 1: Ejemplo de montaje de útiles para ensayo de elevación en acoplamiento de quinta rueda

El otro extremo del soporte ira conectado a la prensa mediante el bulos y la horquilla instalada en el pistón de la prensa como la que se muestra a continuación.

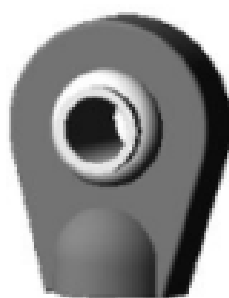


Ilustración 2: Horquilla prensa

Acoplamientos tipo gancho

Estructura

- **Introducción y definición**
- **Aspectos metrológicos y visuales**
 - Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional
 - Procedimiento de verificación dimensional
 - Consideraciones previas
 - Resumen del procedimiento
 - Descripción del procedimiento
 - Características dimensionales
 - Giros y rangos de movimiento
 - Sistema de bloqueo del acoplamiento
- **Procedimientos de ensayos mecánicos**
 - Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo
 - Procedimientos de ensayo
 - Resumen de los procedimientos
 - Ensayo estático sobre palanca de mano
Descripción del procedimiento
 - Ensayo estático
 - Consideraciones previas y aclaraciones
 - Descripción del procedimiento
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas
 - Ensayo dinámico
 - Consideraciones previas y aclaraciones
 - Descripción del procedimiento
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Introducción y definición

Pertenecen a este tipo de acoplamientos los clasificados dentro de la clase K. Se trata de un tipo de acoplamiento muy versátil empleado principalmente en el ámbito agrario e industrial.



Ilustración 3: Acoplamiento tipo gancho

Es necesario indicar que un acoplamiento tipo gancho será utilizado con un anillo toroidal de clase L, y estando acoplado deberá poder realizar una serie de movimientos y giros que serán indicados a continuación en el procedimiento de verificación dimensional.

Debido a las diferentes subclases que pueden existir fabricante del acoplamiento deberá indicar cuál es el modelo apropiado para cada tipo de anillo.

Aspectos metrológicos y visuales

Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones sobre estos dispositivos, será necesario el siguiente instrumental:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 300 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Goniómetro:** Será imprescindible para la medida de ángulos entre planos y puntos de referencia. Deberá tener un rango de medición mínimo de 180° y una resolución mínima de 1°.

Debido a la simplicidad del dispositivo, puede observarse que no son necesarios un gran número de instrumentos de medición para poder completar el procedimiento indicado.

Se empleará también un anillo de remolque toroidal de clase L adecuado para comprobar los rangos y amplitudes de movimiento necesarios.

Procedimiento de verificación dimensional

Consideraciones previas

Los requisitos establecidos en este apartado son aplicables a todos los acoplamientos tipo gancho de clase K.

La muestra a ensayar deberá ser suministrada con todos los elementos necesarios para su montaje, los cuales serán indicados en las instrucciones aportadas por el fabricante.

Para aclarar la nomenclatura empleada para designar los acoplamientos pertenecientes a esta clase, es necesario indicar previamente que los dispositivos pertenecientes a las clases K1 a K4 son acoplamientos no automáticos para uso en remolques cuya masa máxima autorizada no supere las 3,5 toneladas. Por otro lado, las clases KA1 a KA3 son acoplamientos de carácter automático.

Se tendrá especial cuidado en comprobar que todas las mediciones se encuentran dentro de los valores establecidos por las tolerancias de los valores nominales.

Para ello, se dispone de unas tablas en los anexos en las que se indican las mediciones que es preciso realizar. Si éstas deberán ser rellenadas indicando la medida realizada y comprobando la validez de esta de acuerdo a las tolerancias permitidas.

Habiendo realizado previamente las diferentes aclaraciones, a continuación se muestra de forma sencilla el procedimiento a seguir para la verificación dimensional de la muestra.

Resumen del procedimiento

Después de conocer las normas de seguridad básicas y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar y el instrumental de medición adecuado, se procede en primer lugar a la limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Seguidamente, se identificará el tipo de subclase de acoplamiento tipo gancho a la que pertenece la muestra, y con el instrumental de medición que se indique o más apropiado para el tipo de medida correspondiente, se realizarán las verificaciones de las diferentes dimensiones, ángulos o rangos de movimiento según corresponda, presentes en las tablas de verificación.

En las tablas de los anexos se anotarán las medidas obtenidas, y tras ser contrastadas con las medidas de referencia que se indiquen, se señalará la casilla de “válido” o “no válido” según corresponda.

Adicionalmente deberá comprobarse el correcto funcionamiento del sistema de bloqueo del acoplamiento.

El procedimiento se calificará como superado cuando todas las casillas de la tabla o tablas establecidas están marcadas como “válidas” a menos que se indiquen excepciones justificadas y se hayan superado las comprobaciones mencionadas.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, serán aplicadas las instrucciones establecidas en la guía de seguridad que se encuentra en los anexos para evitar posibles accidentes y daños y garantizar la seguridad del procedimiento.

Completado lo anterior, se realizará una breve limpieza del dispositivo de acoplamiento mediante un paño seco con el objetivo de eliminar posibles restos de grasa, suciedad, etc. Además, esto reducirá los errores de medición y garantizará un mejor mantenimiento y conservación del instrumental de verificación empleado.

Antes de comenzar con las mediciones, deberá identificarse el modelo de dispositivo del que se trata, lo que deberá estar indicado por el fabricante en la muestra sometida a estudio.

Características dimensionales

Se comprobará que las dimensiones de la muestra se corresponden con las del modelo que representan según la normativa. A continuación se muestran las ilustraciones correspondientes para facilitar su comprensión e interpretación a la hora de rellenar las tablas de verificación. Se recomienda que las mediciones sean realizadas en el orden en el que aparecen en las tablas con la finalidad de evitar posibles errores y olvidos.

Es necesario prestar especial atención a los comentarios que aparecen en las tablas correspondientes que se encuentran en los anexos, indicando si la dimensión a verificar es de carácter máximo o mínimo, y también a las tolerancias permitidas para cada una de las dimensiones indicadas.

Dependiendo de la clase de la que se trate, deberá ser completada una u otra tabla. Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”.

Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario. Cuando alguna de las casillas se encuentre sombreada significa que la dimensión a la que afecta no ha de ser comprobada para esa clase de acoplamiento.

Es necesario indicar que los ángulos de giro que se muestran están indicados para ser realizados con anillos de remolque de clase L.

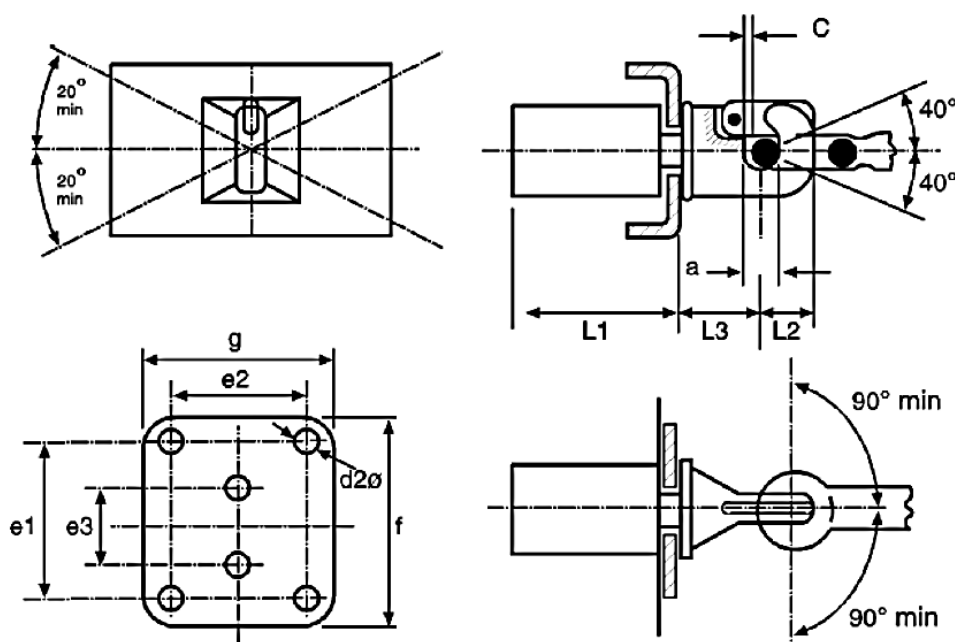


Ilustración 4: Dimensiones y movimientos de acoplamientos tipo gancho de clase K

Finalizado el proceso de medición de las distintas longitudes de la pieza realizadas con el calibre, se puede proceder a realizar las comprobaciones de los giros y movimientos mediante el goniómetro y la ayuda de algún tipo de referencia espacial.

Giros y rangos de movimiento

Dicho esto, y con la ayuda adicional de las ilustraciones anteriores donde aparecen los ángulos que serán indicados a continuación, los acoplamientos de clase K utilizados con una anillo toroidales de clase L, sin necesidad de estar instalado en el vehículo, deberá poder realizar los ángulos de rotación de forma separada, es decir, sin el requisito de realizarse de forma simultánea. Los ángulos a medir se encuentran en las tablas correspondientes de los anexos.

Para ayudar a identificar cuáles son los giros y movimiento que debe realizar el conjunto de ambos dispositivos acoplados, puede verse la “Ilustración 6: Dimensiones y articulación de los acoplamientos tipo gancho de clase K”, en la que también estaban indicadas las dimensiones de la muestra.

Habiendo concluido el proceso de verificación indicado, se indicarán una serie de aspectos a tener en cuenta, como es el caso de los dispositivos de clase K de carácter automático, los cuales deben ir provistos de una mordaza que guíe el anillo hasta el acoplamiento.

Sistema de bloqueo del acoplamiento

Debido a la peligrosidad y el riesgo de que tenga lugar el desacoplamiento entre los distintos dispositivos, es necesario contar un mecanismo de bloqueo que impida el desacoplamiento involuntario de las partes que lo constituyen.

Para evitar el desacoplamiento involuntario del dispositivo, este llevará incorporado un sistema de bloqueo. Dicho sistema deberá cumplir, al menos, las siguientes características:

- En posición cerrada, el acoplamiento debe estar bloqueado por dos dispositivos de bloqueo con enganche mecánico, de forma que uno de ellos siga funcionando en caso de que el otro falle.
- La posición cerrada y bloqueada del acoplamiento estará claramente indicada en el exterior por medio de un dispositivo mecánico, y dicha posición debe poder ser comprobada mediante el tacto.
- Para verificar esto, será necesario comprobar en primer lugar el estado en el que se encuentra el dispositivo de bloqueo sin la ayuda de la visión por parte del operario. Posteriormente, se comprobará de forma visual que la hipótesis del operario durante la comprobación mediante el tacto previa es la correcta, y de no ser así, se considerará que el dispositivo no ha superado la prueba.
- El dispositivo mecánico deberá indicar que ambos dispositivos de bloqueo están conectados. No obstante, podrá ser suficiente la indicación del bloqueo de uno de ellos cuando el funcionamiento del segundo dispositivo esté asociado al primero y sea una característica intrínseca del diseño. Dicha característica deberá ser indicada por el fabricante o en su defecto determinada en el proceso de verificación.

Habiendo comprobado todas las indicaciones anteriores y pasado las pruebas establecidas, puede seguirse con el procedimiento.

Procedimientos de ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos sirven para garantizar el correcto funcionamiento en servicio de estos dispositivos de acoplamiento mecánico. Adicionalmente también se comprobará el correcto funcionamiento de la palanca de mano mediante la correspondiente prueba.

Para los acoplamientos tipo gancho se establecen de forma básica un ensayo de resistencia estático y otro dinámico para comprobar su correcto funcionamiento.

En la tabla que se muestra a continuación se establecen los diferentes valores de los parámetros necesarios para llevar a cabo los ensayos según el tipo de acoplamiento al que pertenezca la muestra:

Clase	K1	K2	K3	K4	KA1	KA2	KA3
D (kN)	17	20	20	25	70	100	130
Dc (kN)	-	-	17	20	54	70	90
S (kg)	120	120	200	250	700	900	1000
V (kN)	-	-	10	10	18	25	35

Tabla 4: Valores de los parámetros característicos para ensayos mecánicos

Donde:

- El parámetro “D” es el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque, y que además será tomada como base para las cargas horizontales en los ensayos dinámicos, y que además será aplicable en los dispositivos que no estén diseñados para soportar cargas verticales aplicadas.
- El parámetro “Dc” es el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque, y que además será tomada como base para las cargas horizontales en los ensayos dinámicos en los dispositivos y componentes mecánicos de acoplamiento adecuados para remolques de eje central.
- El parámetro “S” es la masa vertical aplicada en condiciones estáticas sobre el acoplamiento por un remolque de eje central cargado con la masa máxima técnicamente (y no necesariamente legal en el estado correspondiente) autorizada.
- El parámetro “V” es el valor teórico de referencia de la amplitud de la fuerza vertical aplicada sobre el acoplamiento sobre el remolque de eje central de una masa máxima técnicamente autorizada. Se tomara como base para las fuerzas verticales en los ensayos dinámicos.

Es preciso indicar que antes de iniciar cualquier procedimiento de ensayo es de cumplimiento obligatorio el seguimiento de todas las indicaciones establecidas en la guía de seguridad elaborada al inicio de este manual con el objetivo de evitar posibles accidentes y garantizar la seguridad de los operarios.

Además, para evitar posibles errores y malas interpretaciones conviene realizar inicialmente una lectura superficial de todo el procedimiento antes de llevarlo a cabo de forma práctica. De este modo se evitarán problemas que puedan generar retrasos y dificultades en las operaciones de verificación.

Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo

Será necesario disponer de los siguientes instrumentos y productos en el laboratorio:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 300 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Llave para vasos, dinamométrica y vasos:** Se trata de una llave que con la que puede medirse el par de apriete aplicado a un tornillo/tuerca. También será necesario un juego de vasos con medidas que van desde los 19 mm a los 28 mm.
- **Dinamómetro:** Se empleará únicamente para comprobar la fuerza necesaria para accionar la palanca de mano situada en el dispositivo, la cual permite el desacoplamiento de este. Será suficiente que tenga un rango de medición de 300 N y una resolución mínima de 5 N. No obstante, este dispositivo no sería necesario si la fuerza que se indica puede ser medida con la suficiente resolución proporcionada por la máquina de ensayos.
- **Marco de ensayos (ENS-013)**
- **Soporte grande para marco de ensayos (ENS-010)**
- **Soporte grande para marco de ensayos (ENS-011)**
- **Útil de acoplamiento para pistón (ENS-009)**
- **Anillo de remolque toroidal de clase L para los ensayos de resistencia**
- **Kit de líquidos penetrantes:** Será necesario para comprobar la presencia de grietas tras la realización de los ensayos mecánicos de resistencia correspondientes. Deberá incluir el líquido colorante, el líquido revelador y las instrucciones de uso del fabricante.

Procedimientos de ensayo

Resumen de los procedimientos

Después de conocer las normas básicas de actuación para este tipo de procedimientos, y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar, el instrumental de medición adecuado y que los útiles y maquinaria se encuentran en buenas condiciones de uso, se procede en primer lugar a la identificación y limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Tras finalizar las tareas anteriores, se puede comenzar con los procedimientos de ensayo como tal, teniendo cuidado de conocer exactamente el dispositivo del que se trata para aplicar las cargas tabuladas correspondientes a la muestra, de modo que no tengan lugar posibles daños o riesgos de operación provocados por una mala interpretación.

Se realizarán dos ensayos estáticos (uno sobre la palanca de mano y otro sobre el acoplamiento) y un ensayo dinámico. Para este apartado habrá que conocer los procedimientos descritos para el uso de galgas extensiométricas el kit de líquidos penetrantes.

El ensayo sobre la palanca de mano servirá para comprobar que el mecanismo de apertura del bloqueo puede ser accionado sin dificultades, por lo que deberá ser necesaria la aplicación de una fuerza inferior a los 250 N, que puede ser medida con el dinamómetro.

En el ensayo dinámico se aplicarán, mediante la maquinaria, útiles diseñados para ello y un anillo de remolque de clase L, las cargas correspondientes al modelo de la muestra con la intención de simular los esfuerzos que pueda experimentar a lo largo de su vida útil. Será en este ensayo donde deberán ser colocadas las galgas extensiométricas y la comprobación de grietas mediante el método de líquidos penetrantes a menos que se observen grietas a simple vista.

Después de haber obtenido un resultado satisfactorio en el ensayo anterior, se procederá a la comprobación del dispositivo de bloqueo mediante un ensayo estático.

Todos los procedimientos deberán haber sido superados satisfactoriamente.

Ensayo estático sobre palanca de mano

Descripción del procedimiento

Las palancas de mano empleadas para el desbloqueo del acoplamiento, estarán diseñadas de manera que se puedan manejar fácilmente y tengan el extremo redondeado y no presenten bordes cortantes ni afilados, así como la zona de maniobra del operario con el objetivo de evitar daños personales durante la manipulación.

La fuerza necesaria para desenganchar el acoplamiento, medida sin el anillo de remolque, no superará los 250 N en dirección perpendicular a la palanca de mano a lo largo de la línea de funcionamiento.

Para comprobar esto, se fijará el dinamómetro a la palanca de mano, y se tratará de realizar su apertura aplicando una fuerza en dirección perpendicular. Para ello primero deberá fijarse el dispositivo de ensayo mediante una mordaza o similar que asegure el acoplamiento a una base sólida.

La aplicación de la fuerza que deberá ser medida puede ser realizada directamente de forma manual, o mediante alguna herramienta auxiliar como puede ser una prensa manual o similar. Habiendo comprobado que el valor de fuerza necesaria para la apertura del dispositivo es inferior a 250 N puede calificarse esta prueba como superada.

Ensayo dinámico

Consideraciones previas

En esta prueba se aplicará una fuerza de carácter pulsátil mediante el empleo de un anillo toroidal de Clase L, con el acoplamiento instalado como lo estaría en un vehículo.

En ese caso, el acoplamiento deberá estar instalado como lo estaría en el vehículo y con todas las piezas necesarias para la instalación incluidas. Durante el montaje se seguirán las instrucciones del fabricante prestando especial atención a los pares de apriete de las fijaciones.

A diferencia del ensayo estático, para este ensayo podrán ser neutralizados aquellos elementos flexibles que puedan generar resultados erróneos en la aplicación de las cargas. Esto será indicado por el organismo homologador o el fabricante de la muestra, pero se recomienda realizarlo mediante abrazaderas metálicas en caso de duda.

A continuación se muestra el procedimiento a seguir, en el que también se darán una serie de pautas específicas dependiendo si se trata de acoplamientos destinados a remolques con enganches articulados o remolques de eje central.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, se procederá a la limpieza superficial del acoplamiento con un paño seco con el objetivo de conseguir una superficie limpia que facilite la ejecución del procedimiento.

Posteriormente, se instalará el dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante, teniendo especial cuidado con el par de apriete empleado para los tornillos de las fijaciones. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados.

Con lo anterior realizado, se puede proceder a la conexión entre el acoplamiento tipo gancho y el anillo toroidal, el cual a su vez se encontrará instalado en el actuador de la máquina de ensayos. Dicho actuador deberá ir provisto de una célula de carga que permita controlar las cargas que son aplicadas sobre el dispositivo.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Como se indicó anteriormente, se aplicaran cargas alternantes sobre la cabeza de acoplamiento, las cuales deben tener las siguientes características:

Las frecuencias de aplicación de ambas cargas deberán ser lo más parecidas posibles entre las direcciones vertical y horizontal, admitiéndose un margen de error máximo de variación de un 3%, y dicha frecuencia no debe superar los 35 Hz.

Se recomienda emplear valores alejados de 35 Hz debido la posibilidad de que aparezca el fenómeno de resonancia al ser cercano a ese valor uno de los modos de vibración del marco de ensayos.

En número de ciclos de fuerza a emplear para este tipo de dispositivos es de 2×10^6 a menos que el fabricante pueda indicar otra cantidad, pero nunca inferior a esta cuando se trate de acoplamientos de quinta rueda de material distinto al acero. Por ejemplo, si se tratara de aluminio el número de ciclos no debería ser inferior a 10^7 .

Deberá verificarse que todos los anclajes entre la máquina de ensayos y el dispositivo están correctamente realizados, y entonces, con las medidas de seguridad indicadas en la guía que se encuentra al inicio de este manual y tomando adicionalmente las precauciones que se consideren oportunas.

Dependiendo del tipo de dispositivo ensayado pueden darse dos casos:

- Si se trata de un acoplamiento tipo gancho destinado a remolques con enganches articulados, con carga vertical nula (parámetro “S” igual a cero), la fuerza de carácter pulsátil aplicada en dirección horizontal, estando los ejes longitudinales del anillo de remolque y del acoplamiento tipo gancho alineados, oscilara entre los valores:
 - $F_{hU} = 0,05 \times D$
 - $F_{hO} = 0,05 \times D$
- Si se trata de un acoplamiento tipo gancho destinado a un remolque de eje central, se aplicará una fuerza que representará la resultante de las fuerzas verticales y horizontales sobre el acoplamiento, la cual se aplicará con un ángulo α de la forma en puede verse en la siguiente ilustración:

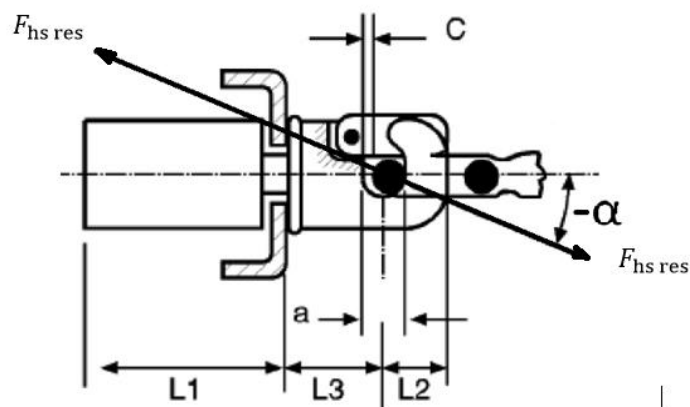


Ilustración 5: Dimensiones y aplicación de fuerzas en acoplamientos tipo gancho

El ángulo $-\alpha$ indicado, será equivalente al ángulo calculado de las resultantes entre las fuerzas horizontal y vertical sobre el acoplamiento.

De esta forma, puede definirse la fuerza $F_{hs\ res}$ del siguiente modo:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{F_s}{F_h}\right)$$

$$F_{hs\ res} = \sqrt{F_h^2 + F_s^2}, \text{ siendo:}$$

$$F_h = D_c \text{ (Fuerza horizontal)}$$

$$F_s = \frac{9,81 S}{1000} + 0,8V \text{ (Fuerza vertical)}$$

Los parámetros necesarios de las formulas anteriores pueden encontrarse en la Tabla 12.

Para este último caso será necesario orientar la pieza o el actuador de modo que forme con la pieza el ángulo α especificado. Este ángulo podrá ser medido con el goniómetro indicado al inicio de este apartado de ensayos mecánicos.

Determinado y establecido el tipo de dispositivo del que se trate, tan solo es necesario establecer los parámetros de carga que se indican en la máquina de ensayos y con las medidas de seguridad indicadas, proceder al inicio de este.

Terminada la ejecución del número de ciclos de aplicación de la carga y verificando que la máquina de ensayos está parada por completo, se comprobará que ninguna de las piezas del acoplamiento presenta fracturas o grietas.

Debido a la dificultad que puede existir a la hora de evaluar la presencia de grietas, se empleará el método de líquidos penetrantes empleado también en otros ensayos como, por ejemplo, en el ensayo estático de flexión.

Para ello deberá emplearse el kit mencionado al inicio de este apartado y seguir adecuadamente las instrucciones suministradas por el fabricante del producto.

Ensayo estático

Consideraciones previas

En esta prueba, se aplicará una fuerza estática con un anillo toroidal de clase L mediante el cual se comprobará el correcto funcionamiento del dispositivo de bloqueo.

Al igual que para el ensayo dinámico, el dispositivo se instalará en la máquina de ensayos siguiendo las instrucciones del fabricante de igual manera en la que se realizaría en un vehículo.

Como paso previo al ensayo, también se realizará una limpieza superficial con un paño seco con la finalidad de eliminar restos de suciedad, grasa, etc. Tanto antes como al finalizar el ensayo, la muestra de ensayo no presentara deformaciones que impidan su uso convencional.

Descripción del procedimiento

Este ensayo servirá para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo de bloqueo mediante la aplicación de una fuerza estática.

En primer lugar, fijaremos la muestra a la máquina de ensayos siguiendo las instrucciones del fabricante, teniendo especial cuidado con los pares de apriete que estén indicados. Para realizar esto de forma adecuada, una vez que las fijaciones estén realizadas, se comprobará el par de apriete aplicado con la ayuda de la llave dinamométrica y se ajustará también con esta cuando sea necesario.

Seguidamente, se procederá al acoplamiento de la muestra con el anillo de remolque, y este a su vez con el actuador que permitirá la aplicación de la carga. Dicho actuador irá provisto de una célula de carga que permita controlar las cargas que son aplicadas sobre la muestra.

Será necesario orientar el actuador o el soporte sobre el que está fijada la muestra para orientarlo en la dirección de apertura del dispositivo de bloqueo, siendo esta la posición más desfavorable.

Con lo anterior concluido, a continuación se indican los parámetros y la naturaleza de las cargas que serán aplicadas sobre la muestra.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

El valor de la fuerza estática que debe establecerse en la máquina de ensayos es:

$$F = 0,25 \times D$$

De este modo, será necesario consultar la tabla anterior (indicar número) donde quedan reflejados los valores del parámetro “D” para los distintos tipos de dispositivo.

Puesto que es necesario que la deformación permanente tras el ensayo estático sea inferior al 10 % de la máxima medida, se empleará un sistema de medición basado en galgas extensiométricas, cuyas características y modo de empleo se muestran en el apartado de “Galgas extensiométricas” del presente proyecto.

La fuerza deberá ser aplicada de forma lenta y progresiva hasta alcanzar su valor máximo. Una vez alcanzado dicho valor la aplicación de la carga ha de mantenerse durante 60 segundos

Finalizado el tiempo del ensayo, no debe haberse producido la apertura del dispositivo de cierre para considerarlo como superado. Tampoco se observará la presencia de deformaciones ni daños en ninguno de los dispositivos implicados.

Una vez finalizado este procedimiento y habiendo comprobado que se cumplen todos los requisitos indicados de forma satisfactoria se puede dar por concluido de forma exitosa el proceso de verificación de este tipo de acoplamientos.

Acoplamientos de quinta rueda, cuñas de dirección y placas de soporte

Estructura

- **Introducción y definición**
- **Aspectos metrológicos y visuales**
 - Instrumental y útiles necesarios y consideraciones previas
 - Procedimiento de verificación dimensional
 - Consideraciones y labores previas
 - Resumen del procedimiento
 - Descripción del procedimiento
 - Acoplamientos de quinta rueda (clase G)
 - Comprobación de los ángulos de giro y rangos de movimiento
 - Verificación visual del funcionamiento del dispositivo de bloqueo
 - Cuñas de dirección
 - Placas de soporte (clase J)
- **Procedimientos de ensayos mecánicos**
 - Consideraciones y labores previas
 - Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo
 - Procedimiento de ensayo
 - Resumen de los procedimientos
 - Ensayo dinámico
 - Consideraciones previas y aclaraciones
 - Descripción del procedimiento
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas
 - Ensayos estáticos
 - Consideraciones previas y aclaraciones
 - Descripción del procedimiento
 - Ensayo de elevación
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas
 - Ensayo de flexión
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Introducción y definición

Pertenecen a este tipo de dispositivos a aquellos clasificados dentro de la clase G. Estos dispositivos suelen instalarse en los camiones denominados como “cabeza tractora”, que simplemente se encargan de remolcar una carga, en este caso un semirremolque. Dicho semirremolque lleva acoplado un pivote que permite la conexión segura con la cabeza tractora, a la cual no solo transmite cargas horizontales sino también verticales.



Ilustración 6: Acoplamiento de 5ª rueda de clase G

Estos dispositivos estarán diseñados para su uso con pivotes de acoplamiento de clase H50 cumpliendo en conjunto las características especificadas. A pesar de esto, los ensayos mecánicos serán realizados por separado.

Aspectos metrológicos y visuales

Instrumental, útiles necesarios y consideraciones previas

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones sobre estos dispositivos, será necesario el siguiente instrumental:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 200 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Goniómetro:** Será imprescindible para la medida de ángulos entre planos y puntos de referencia. Deberá tener un rango de medición mínimo de 180° y una resolución mínima de 0,5°.
- **Cinta métrica:** Aunque con una resolución inferior a la del calibre, permitirá medir un mayor rango de longitud. Será suficiente que tenga un rango de medición de 1 m y una resolución de 1 mm.

Como podrá observarse durante el proceso de medición, el procedimiento llevado a cabo para este tipo de dispositivos es algo más complejo que el de otros debido a la cantidad y diversidad de parámetros a comprobar que presenta.

Procedimiento de verificación dimensional

Consideraciones y labores previas

Los requisitos establecidos en esta apartado son aplicables a todos los acoplamientos de quinta rueda de la clase G50. No constante, también serán establecidos algunas especificaciones para las cuñas de dirección y algunos requisitos adicionales que deberán cumplir los dispositivos de acoplamiento normalizados.

Se tendrá especial cuidado en comprobar que todas las mediciones se encuentran dentro de los valores establecidos por las tolerancias de los valores nominales.

Para ello, se dispone de unas tablas en las que se indican las mediciones que es preciso realizar. Si éstas deberán ser rellenadas indicando la medida realizada y comprobando la validez de esta de acuerdo a las tolerancias permitidas.

Para facilitar esta tarea al operario, si dichas tablas son cumplimentadas en formato electrónico, con tan solo introducir la medida realizada se indicara de forma automática si esta es o no correcta.

Habiendo realizado previamente las diferentes aclaraciones, a continuación se muestra de forma sencilla el procedimiento a seguir para la verificación dimensional de la muestra.

Resumen del procedimiento

Después de conocer las normas de seguridad básicas y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar y el instrumental de medición adecuado, se procede en primer lugar a la limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Seguidamente, se identificará el tipo de subclase a la que pertenece la muestra, en este caso de acuerdo al parámetro “H, y con el instrumental de medición que se indique o más apropiado para el tipo de medida correspondiente, se realizarán las verificaciones de las diferentes dimensiones, ángulos o rangos de movimiento según corresponda, presentes en las tablas de verificación.

Hay que tener cuidado cuando se trate de acoplamientos de quinta rueda que corrijan la trayectoria, pues es necesario realizar algunas comprobaciones adicionales. La situación es la misma para el caso de las cuñas de dirección y las placas de soporte de la clase J según corresponda.

En dichas tablas se anotarán las medidas obtenidas, y tras ser contrastadas con las medidas de referencia que se indiquen, se señalará la casilla de “válido” o “no válido” según corresponda.

Adicionalmente, será necesario comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de bloqueo del acoplamiento, y los sistemas de indicación y control a distancia, si los hubiera (acoplamientos de la clase G50-X).

El procedimiento se calificará como superado cuando todas las casillas de la tabla o tablas establecidas están marcadas como “válidas” a menos que se indiquen excepciones justificadas y se hayan superado las comprobaciones mencionadas.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, serán aplicadas las instrucciones establecidas en la guía de seguridad que se encuentra en los anexos para evitar posibles accidentes y daños y garantizar la seguridad del procedimiento.

Como paso previo al procedimiento en sí, se realizará con un paño seco, una breve limpieza superficial de la muestra con el fin de eliminar posibles restos de grasa, suciedad, etc. Además, esto reducirá los errores de medición y garantizará un mejor mantenimiento y conservación del instrumental de verificación empleado.

Antes de comenzar con las mediciones, deberá identificarse el modelo de dispositivo del que se trata, lo que deberá estar indicado por el fabricante en la muestra sometida a estudio.

- Acoplamientos normalizados de quinta rueda (clase G)

Se comprobará que las dimensiones de la muestra se corresponden con las del modelo que representan según la normativa. A continuación se muestran las ilustraciones correspondientes para facilitar su comprensión e interpretación y las tablas donde anotar las medidas y realizar las verificaciones se encuentra en el apartado correspondiente de anexos.

En primer lugar emplearemos la cinta métrica para comprobar que la “longitud de máximo de 460 mm” no excede de dicho valor. Si se trata de un acoplamiento perteneciente a las clases G 50-4, G 50-5 o G 50-6 la verificación del parámetro H también podrá realizarse con este instrumento de medida a menos que el rango del calibre disponible lo permita. Siempre que sea posible será preferente el uso del calibre.

Finalizadas las comprobaciones con la cinta métrica se puede proceder al empleo del calibre. Las verificaciones serán realizadas en el orden en el que se indican en la tabla que incluye la designación de las medidas, tanto las longitudes como el radio R30, el cual será medido con la ayuda de una regla o similar como referencia. En el caso de que el parámetro H no haya sido comprobado con la cinta métrica en el paso anterior, se realizará en este.

Por último emplearemos el goniómetro para medir tanto el ángulo de 2° como para comprobar que la plataforma del acoplamiento de quinta rueda puede bascular un ángulo de $\pm 12^\circ$ según su eje transversal.

Dependiendo de la clase de la que se trate, deberá ser completada una u otra tabla. Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

Será necesario consultar previamente la Tabla 5 para ser los valores del parámetro “H” de acuerdo a la subclase de acoplamiento de 5ª rueda que se trate.

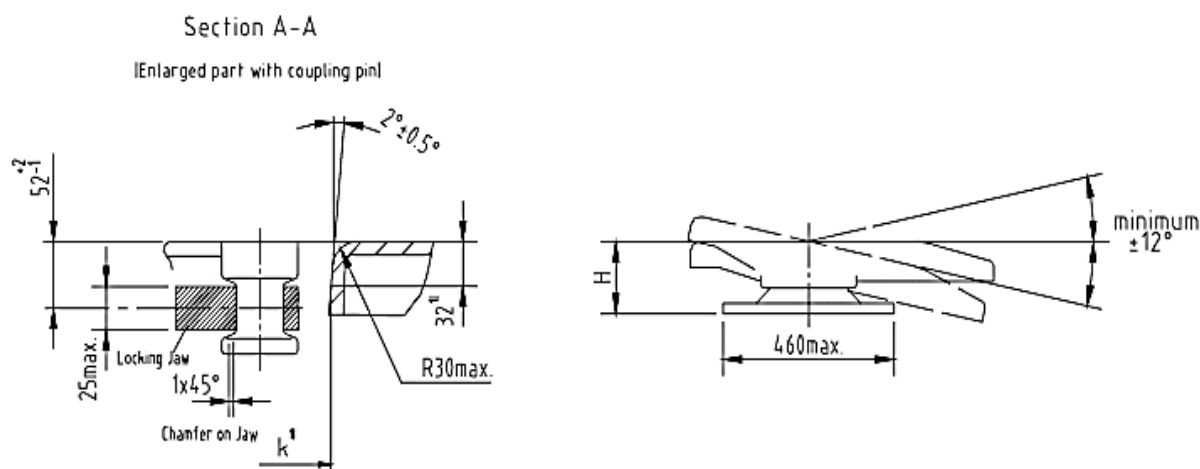


Ilustración 7: Dimensiones y ángulos de acoplamiento de 5ª rueda (1)

Clase	G 50-1	G 50-2	G 50-3	G 50-4	G 50-5	G 50-6
H	140 - 159	160 - 179	180 - 199	200 - 219	220 - 239	240 - 260

Tabla 5: Subclase de acoplamiento de 5ª rueda según el valor del parámetro H

Una vez finalizadas las comprobaciones de las tablas anteriores referidas a las dimensiones del acoplamiento en su sección de perfil, se procede a comprobar el resto de medidas pertenecientes a la vista en planta del acoplamiento.

Al igual que para el caso anterior, empezaremos por usar la cinta métrica para las longitudes que el rango del calibre no pueda cubrir. Una vez finalizadas se emplea de nuevo el calibre teniendo cuidado con las indicaciones que se muestran en la tabla.

Como se indica también en esta, pueden darse 2 casos:

- Orificios elípticos de 23 ± 2 mm x $17 \pm 2_0$ mm.
- Orificios circulares con diámetro de $17 \pm 2_0$ mm.

En el caso de los orificios elípticos, se realizarán las medidas de los ejes mayor y menor de la elipse, las cuales deberán coincidir con las indicadas. Como breve aclaración, cuando se empleen orificios elípticos u orificios circulares con un diámetro superior a 18 mm, se emplearán arandelas de 40 mm de diámetro y 6 mm de grosor, o en su defecto, piezas de resistencia equivalente.

Aclarado esto, puede procederse al empleo de goniómetro para medir el ángulo de 40° de la entrada para el pivote de acoplamiento. De todas formas, debe respetarse durante una distancia mínima de 360 mm desde el eje transversal del acoplamiento. La anchura mínima de la boca de 350 mm se puede obtener fuera de esta distancia incrementando el ángulo de la boca hasta un ángulo incluido de 120° máximo, como se muestra en la línea de puntos de la ilustración.

- $\pm 90^\circ$ en torno al eje vertical. Esto deberá ser realizado en todos los dispositivos pertenecientes a la clase G salvo en aquellos que dispongan de corrección de la trayectoria.
- $\pm 12^\circ$ en torno al eje horizontal transversal a la dirección de marcha.
- Rotación axial máxima en torno al eje longitudinal de hasta $\pm 3^\circ$. En el caso de tratarse de un acoplamiento de quinta rueda que oscile completamente, ese ángulo podrá ser superado siempre que exista un mecanismo de bloqueo que permita restringir el giro a $\pm 3^\circ$.

El resultado de las comprobaciones anteriores se anotará en la tabla correspondiente que se encuentra en los anexos y se comprobará que se cumplen los requisitos.

Comprobado lo anterior, se puede dar por concluido el proceso de verificación dimensional de forma satisfactoria.

Verificación visual del funcionamiento del dispositivo de bloqueo

Los dispositivos de acoplamiento de quinta rueda deberán contar con un dispositivo de bloqueo para evitar el desenganche del acoplamiento mientras esté funcionando. Una vez que el proceso anterior de verificación de las dimensiones esté finalizado, deberá realizarse un breve análisis visual y mecánico (sin formar este parte del proceso de ensayos mecánicos como tal) para verificar el correcto funcionamiento del conjunto del sistema.

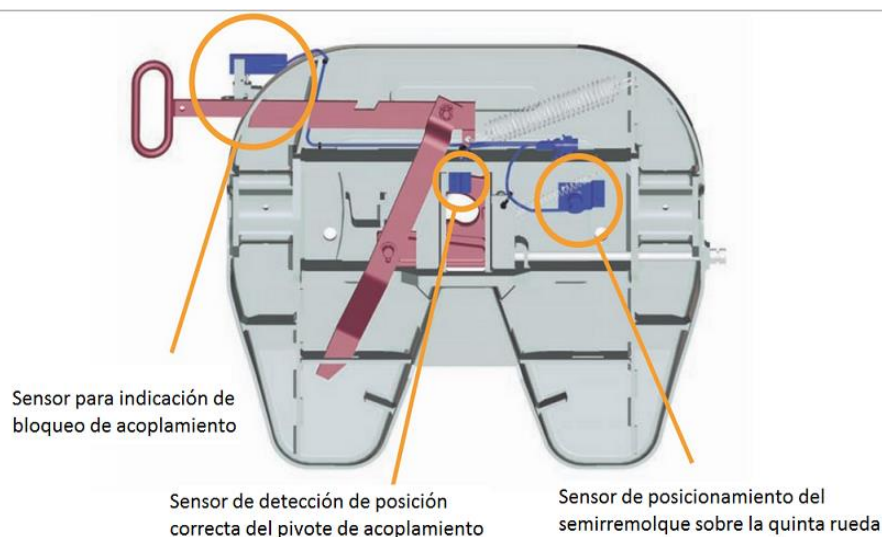


Ilustración 10: Dispositivo de bloqueo para acoplamiento de 5ª rueda

Para realizar lo mencionado anteriormente deberá seguirse el procedimiento que se indica paso a paso a continuación. En un primer lugar diremos que el dispositivo de bloqueo tiene dos posiciones: abierto y cerrado. En base a esto deberá verificarse lo siguiente:

- Cuando el dispositivo de bloqueo se encuentre en posición cerrada, el acoplamiento de quinta rueda estará bloqueado por dos dispositivos de bloqueo con enganche mecánico, de forma que en el caso de que uno de ellos falle siga funcionando el otro. Para comprobar esto, se producirá el anclaje del dispositivo de quinta rueda con el pivote y se observará que estando en posición cerrada, el acoplamiento queda bloqueado.
- El dispositivo de bloqueo principal deberá funcionar automáticamente, es decir, cuando el pivote se aproxime hasta su alojamiento final y se posicione en él, el mecanismo de bloqueo del acoplamiento de quinta rueda deberá activarse de forma automática. No obstante, el dispositivo secundario, indicado como tal por el fabricante, podrá ser también automático o manual.
- El mecanismo de bloqueo secundario también podrá funcionar de forma simultánea con el mecanismo de bloqueo principal si así ha sido diseñado por el fabricante.
- Para la desconexión de cualquiera de los dispositivos de bloqueo será imprescindible la participación activa del operador del vehículo, de forma que está no pueda ser realizada de forma aleatoria. Es decir, el desbloqueo del acoplamiento de quinta rueda debe ser accionado mediante un sistema que garantice que el operador del vehículo lo ha realizado de forma voluntaria y consciente.
- La posición cerrada y bloqueada del mecanismo deberá estar indicada de forma visible mediante un dispositivo mecánico y su posición deberá poder verificarse mediante el tacto ante la posibilidad de que esta se realice por ejemplo en condiciones de baja visibilidad.
- El dispositivo deberá indicar que tanto el mecanismo principal como el secundario están conectados. En el caso de que actúen de forma simultánea según las indicaciones del fabricante, será suficiente con que uno de los dos esté indicado.
- Para garantizar que se cumple lo anterior, el operario que se encuentre realizando este proceso de verificación deberá poder constatar mediante el tacto, sin ayuda de la visión, que el mecanismo se encuentra bloqueado. Una vez que así lo ha determinado, deberá verificar visualmente que la observación inicial mediante el tacto era la correcta y se correspondía con la posición cerrada.

- Hay que indicar que el desbloqueo y desconexión del acoplamiento de quinta rueda podrá efectuarse mediante una palanca de mano instalada directamente en el acoplamiento. Es por ello por lo que también deberá ser comprobado el correcto funcionamiento del dispositivo de desconexión mediante su accionamiento cuando este se encuentre bloqueado.
- La superficie de los elementos que componen el dispositivo de quinta rueda deberá mostrar buen aspecto y estar cuidadosamente trabajada. También, la muestra debe carecer de filos y bordes cortantes que puedan provocar daños sobre el operario durante la manipulación y la realización de los ensayos.

- **Cuñas de dirección**

Una vez que se ha analizado los aspectos dimensionales de los acoplamientos de quinta rueda, hay que hacer especial mención a una serie de elementos auxiliares como es el caso de las cuñas de dirección.

Este tipo de dispositivos son utilizados en conjunto con los pivotes de acoplamiento con el objetivo de facilitar el acople entre el pivote y la quinta rueda garantizando un correcto guiado entre las partes. Esta debe ser la encargada de permitir el enganche correcto y sin peligro. Además deberá ir montada sobre muelles para facilitar su adaptación al acoplamiento.

Descripción del procedimiento

Para llevar a cabo el proceso de verificación de las medidas se utilizarán los mismos instrumentos de medición que han sido empleados en el procedimiento con los acoplamientos de quinta rueda, salvo que en este caso el goniómetro deberá tener una resolución de 0,5° y uno de los “brazos” tendrá una longitud inferior a los 55 mm.

Además, también será necesario un juego de galga de radios convexas para medir el radio externo de R8, la cual tendrá que tener hasta un rango de R10 mm y una resolución mínima de 1 mm.

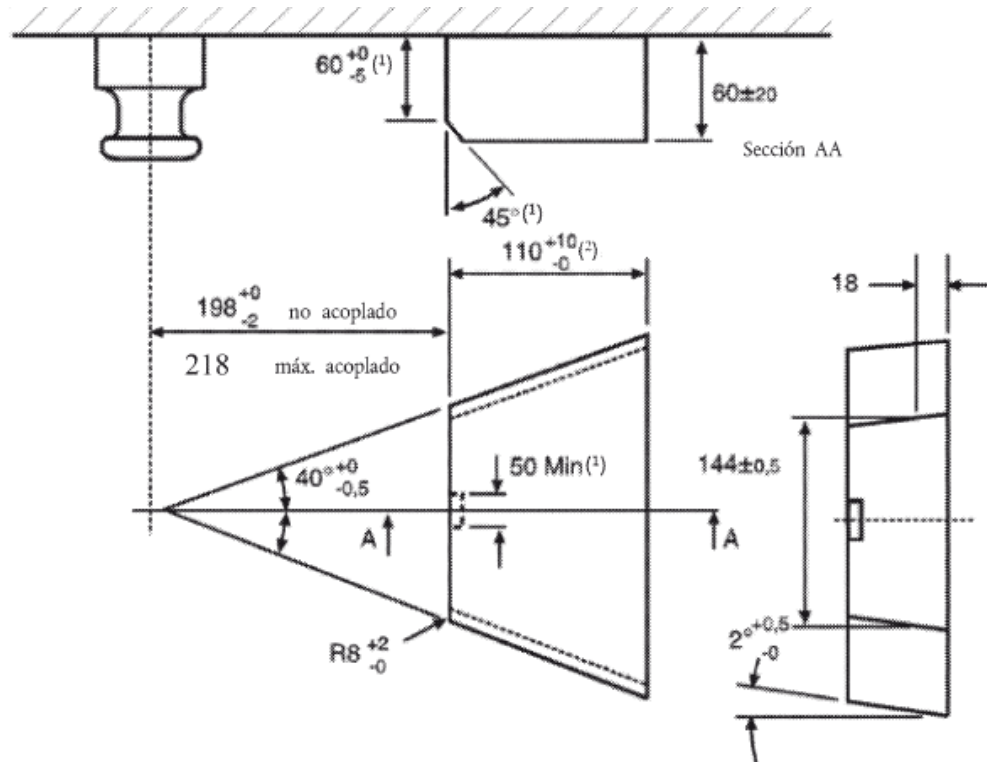
El procedimiento comenzará con las comprobaciones de las longitudes mediante el calibre en el orden en el que han sido indicadas en la tabla correspondiente que se encuentra en los anexos. Solo en el caso de que fuera necesario por insuficiencia en el rango del calibre empleado, se empleará la cinta métrica para la medida de longitud de 218 mm, puesto que no requiere de una resolución mayor.

Una vez comprobado todo lo anterior, se podrá llevar a cabo la comprobación del radio R8 con la ayuda de la galga de radios convexas.

Finalmente, serán medidos los ángulos de 40°, el ángulo de 2° y también el chaflán indicado de 45° con la ayuda del goniómetro.

Una vez que todas las medidas han sido verificadas y estas son acordes con la tabla de designación de medidas, puede darse por finalizado el procedimiento de verificación dimensional del dispositivo habiendo concluido exitosamente.

Las dimensiones de las cuñas de dirección se muestran continuación:



⁽¹⁾ Únicamente aplicable a las cuñas de dirección de más de 60 mm de grosor.

⁽²⁾ Esta dimensión se refiere únicamente a la superficie funcional: la cuña de dirección en sí puede ser más larga.

Ilustración 11: Dimensiones y ángulos para cuñas de dirección montada sobre muelles

- **Placas de soporte**

Pertenecen a este tipo de dispositivos a aquellos clasificados dentro de la Clase J.



Ilustración 12: Placa de soporte de clase J para acoplamiento de 5ª rueda

Este tipo de dispositivos son empleados para fijar los acoplamientos de quinta rueda normalizados sobre el chasis del vehículo tractor, de modo que las cargas sean transmitidas adecuadamente.

Las placas de soporte permitirán, mediante el empleo de cuñas de dirección en el semirremolque acoplado, la corrección de la trayectoria de este. No obstante, si por su diseño o especificaciones del fabricante la placa a analizar no puede cumplir este requisito, esta debe de ir marcada de forma que esta característica sea identificable.

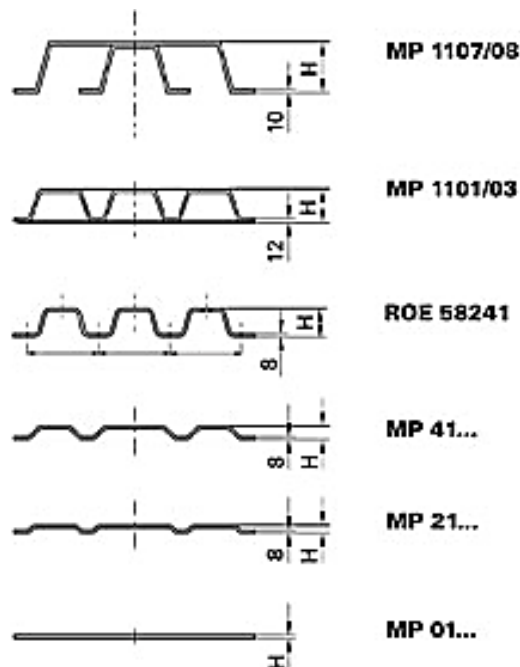


Ilustración 13: Modelos de placa de soporte (DAF)

Al igual que sucede con otros dispositivos de acoplamiento, se emplearán el calibre y la cintra métrica con las características indicadas al inicio de este capítulo. Todo ello para verificar que la muestra a analizar cumple con los requisitos dimensionales establecidos.

En el caso de la Ilustración13 las dimensiones indicadas son relativas a la parte del soporte que está en contacto con el acoplamiento de 5ª rueda.

Deberá ser completada la tabla correspondiente que se encuentra en los anexos de acuerdo a las dimensiones que se establecen en la siguiente ilustración. Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

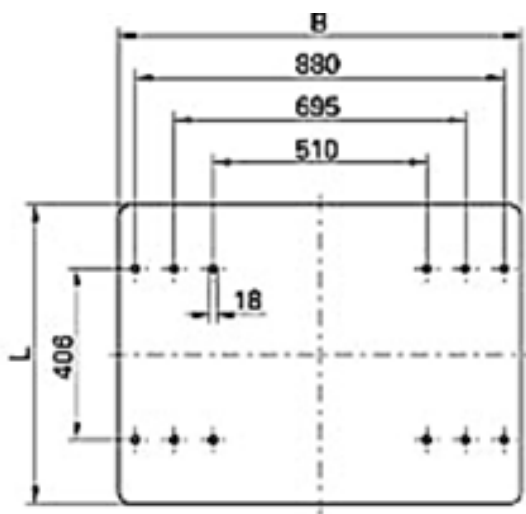


Ilustración 14: Dimensiones principales de placa de soporte de clase J

Procedimientos de ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos sirven para garantizar el correcto funcionamiento en servicio de estos dispositivos de acoplamiento mecánico.

Para el caso de los acoplamientos de quinta rueda, se realizarán de forma básica a este tipo de dispositivos un ensayo de resistencia dinámico y otro estático (ensayo de elevación).

Además, para los acoplamientos de quinta rueda normalizados destinados a una cuña de dirección o un dispositivo similar orientado a la corrección de la trayectoria de los semirremolques, serán sometidos a un ensayo de flexión para comprobar que la resistencia que pueden soportar estos dispositivos en las condiciones de funcionamiento convencionales es la adecuada.

Los acoplamientos de quinta rueda deberán ir equipados con todos los elementos, fijaciones e instrucciones suministradas por el fabricante y necesarias para su correcto montaje en el vehículo.

Debido a la importancia y el riesgo catastrófico que podría tener lugar durante el uso en servicio de este dispositivo en caso de fallo, solo serán válidos los ensayos mecánicos

físicos realizados en el laboratorio, quedando excluidos los métodos alternativos de cálculo salvo casos excepcionales bajo indicación del organismo homologador.

Es preciso indicar que antes de iniciar cualquier procedimiento de ensayo es de cumplimiento obligatorio el seguimiento de todas las indicaciones establecidas en la guía de seguridad elaborada al inicio de este manual con el objetivo de evitar posibles accidentes y garantizar la seguridad de los operarios.

Además, para evitar posibles errores y malas interpretaciones conviene realizar inicialmente una lectura superficial de todo el procedimiento antes de llevarlo a cabo de forma práctica. De este modo se evitarán problemas que puedan generar retrasos y dificultades en las operaciones de verificación.

Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo

Además de alguno de los instrumentos de medida empleados en el apartado de aspectos visuales y dimensionales como puede ser la cinta métrica o el calibre, será necesario disponer de los siguientes instrumentos y productos en el laboratorio:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 300 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Goniómetro:** Será imprescindible para la medida de ángulos entre planos y puntos de referencia. Deberá tener un rango de medición mínimo de 180° y una resolución mínima de 1°.
- **Llave para vasos, dinamométrica y vasos:** Se trata de una llave que con la que puede medirse el par de apriete aplicado a un tornillo/tuerca. También será necesario un juego de vasos con medidas que van desde los 19 mm a los 28 mm. Si se emplea roscas métricas normalizadas solo sería necesario emplear un vaso de 24 mm. Los vasos serán compatibles con la llave empleada, siendo las medidas del cuadradillo del vaso de un 1/4", siendo esta una medida normalizada que permite mayores pares de apriete.
- **Marco para ensayos diseñado y bulón ensayado (ENS-013)**
- **Útil “ENS-001”:** Será empleado para el ensayo de elevación.
- **Útil “ENS-002”:** Será empleado para el ensayo de elevación de los acoplamientos de clase J si fuera necesario.
- **Útil “ENS-003”:** Irá instalado en la prensa comercial, y será empleado en combinación con el útil “ENS-001” para realizar el ensayo de elevación.
- **Útil “ENS-004”:** Será empleado para el ensayo estático de flexión.

- **Útil “ENS-005”**: Es el dispositivo empleado para aplicar las cargas verticales en el ensayo dinámico.
- **Útil “ENS-006”**: Es el dispositivo empleado para aplicar las cargas horizontales en el ensayo dinámico.
- **Kit de líquidos penetrantes**: Será necesario para comprobar la presencia de grietas tras la realización de los ensayos mecánicos de resistencia correspondientes. Deberá incluir el líquido colorante, el líquido revelador y las instrucciones de uso del fabricante.

Procedimientos de ensayo

Resumen de los procedimientos

Después de conocer las normas básicas de actuación para este tipo de procedimientos, y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar, el instrumental de medición adecuado y que los útiles y maquinaria se encuentran en buenas condiciones de uso, se procede en primer lugar a la identificación y limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Tras finalizar las tareas anteriores, se puede comenzar con los procedimientos de ensayo como tal, teniendo cuidado de conocer exactamente el dispositivo del que se trata para aplicar las cargas aportadas por el fabricante correspondientes a la muestra, de modo que no tengan lugar posibles daños o riesgos de operación provocados por una mala interpretación.

Se realizará un ensayo dinámico, y uno o dos ensayos estáticos según corresponda:

- Si se trata de un acoplamiento de quinta rueda con corrección de trayectoria, además del ensayo dinámico se realizara un ensayo de flexión y otro de elevación, ambos estáticos.
- Si se trata de un acoplamiento de quinta rueda sin corrección de trayectoria, además del ensayo dinámico se realizará únicamente el ensayo de elevación estático.

Se procederá de igual manera al ensayar en conjunto las placas de soporte de clase J.

En el ensayo dinámico se aplicarán, mediante la maquinaria y útiles diseñados para ello las cargas horizontales y verticales alternantes que correspondan para el número de ciclos y valores de carga indicados. Será en este ensayo donde deberán ser colocadas las galgas extensiométricas y la comprobación de grietas mediante el método de líquidos penetrantes a menos que se observen grietas a simple vista.

Después, se procederá la realización de los ensayos estático, los cuales serán realizados mediante la aplicación de fuerzas sobre brazos de palanca.

El ensayo estático servirá para comprobar el buen funcionamiento del sistema de bloqueo para retener el pivote de acoplamiento del semirremolque. El ensayo estático de flexión servirá para comprobar que el acoplamiento de quinta rueda es capaz de soportar los esfuerzos para corregir la trayectoria.

Ensayo dinámico

Consideraciones previas

En esta prueba, actuarán sobre el dispositivo de quinta rueda y de forma simultánea fuerzas horizontales alternantes y verticales pulsátiles. Para los ensayos dinámicos también se diferencia entre aquellos que se realizan sobre acoplamientos de quinta rueda destinados a corregir la trayectoria de semirremolques y aquellos que no.

En ese caso, el acoplamiento deberá estar instalado como lo estaría en el vehículo y con todas las piezas necesarias para la instalación incluidas. Durante el montaje se seguirán las instrucciones del fabricante prestando especial atención a los pares de apriete de las fijaciones.

A continuación se describe el procedimiento completo de ensayo y simplemente se darán unas indicaciones relativas a la magnitud de las fuerzas empleadas según el tipo de dispositivo del que se trate.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, se procederá a la limpieza superficial del acoplamiento con un paño seco con el objetivo de conseguir una superficie limpia que facilite la ejecución del procedimiento.

Posteriormente, se instalará el dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante, teniendo especial cuidado con el par de apriete empleado para los tornillos de las fijaciones. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados.

Al igual que con los ensayos estáticos, también existe la posibilidad de realizar alguna operación auxiliar como puede ser la lubricación de alguna de las partes del dispositivo según las indicaciones del fabricante.

Antes de proceder al acoplamiento de ambos dispositivos, será necesario aplicar un producto lubricante entre la cara superior del acoplamiento y la cara inferior de la placa de acoplamiento con el objetivo de reducir el coeficiente de fricción entre ambas superficies y lograr realizar el ensayo de forma adecuada.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Como se indicó anteriormente, se aplicaran cargas alternantes sobre la cabeza de acoplamiento, las cuales deben tener las siguientes características:

Las frecuencias de aplicación de ambas cargas deberán ser lo más parecidas posible entre las direcciones vertical y horizontal, admitiéndose un margen de error máximo de variación de un 3%, y dicha frecuencia no debe superar los 35 Hz no debe encontrarse en el rango de frecuencias de resonancia de la maquinaria empleada. Se recomienda emplear valores alejados de 35 Hz debido la posibilidad de que aparezca el fenómeno de resonancia al ser cercano a ese valor uno de los modos de vibración del marco de ensayos.

En número de ciclos de fuerza a emplear para este tipo de dispositivos es de 2×10^6 a menos que el fabricante pueda indicar otra cantidad, pero nunca inferior a esta cuando se trate de acoplamientos de quinta rueda de material distinto al acero. Por ejemplo, si se tratara de aluminio el número de ciclos no debería ser inferior a 10^7 .

Deberá verificarse que todos los anclajes entre la máquina de ensayos y el dispositivo están correctamente realizados, y entonces, con las medidas de seguridad indicadas en la guía que se encuentra al inicio de este manual y tomando adicionalmente las precauciones que se consideren oportunas.

Realizado lo anterior, se llevará a cabo la conexión entre la placa de acoplamiento y el dispositivo de quinta rueda. Acoplado el conjunto, se realizarán las conexiones entre la placa de acoplamiento y los actuadores verticales y horizontales que permitirán establecer las cargas correspondientes dependiendo del tipo de dispositivo del que se trate.

Antes de proceder a introducir los valores de fuerza necesario para el ensayo, es preciso aclarar una serie de parámetros para tener claro a que se refiere cada uno de ellos y evitar errores:

$$D = g \frac{0,6 \times T \times R}{T + R - U} \text{ kN}$$

Donde:

- “U” es la carga vertical máxima autorizada para el acoplamiento.
- “g” es el valor de la aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).
- El parámetro “D” es el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque, y que además será tomada como base para las cargas horizontales en los ensayos dinámicos.
- T es la masa máxima técnicamente autorizada del vehículo tractor en toneladas. En su caso, incluye la carga vertical aplicada por un remolque.

- R es la masa máxima técnicamente autorizada, en toneladas, de un remolque provisto de una barra de tracción que se desplace libremente en el plano vertical, o de un semirremolque.
- U es la masa máxima vertical, en toneladas, aplicada sobre el acoplamiento de quinta rueda por un semirremolque cargado con la masa máxima técnicamente autorizada.

A pesar de las indicaciones de la formula anterior, las los valores de fuerza para los parámetros mencionados, deben ser los siguientes de acuerdo a lo establecido en el reglamento:

- $D = 150 \text{ kN}$
- $U = 20.000 \text{ Kg}$

En el ensayo, las cargas serán aplicadas de forma síncrona.

A continuación se muestran los posibles casos que pueden presentarse:

- Si se trata de acoplamientos de quinta rueda no destinados a corregir la trayectoria de los semirremolques se emplearán los siguientes valores de fuerza:

- Horizontal: $F_{hw} = \pm 0,6 \times D$
- Vertical: $F_{so} = g \times 1,2 U$
 $F_{su} = g \times 0,4 U$

Donde el subíndice “hw” indica que se trata de una fuerza horizontal alternante, “so” indica que se trata de la fuerza vertical máxima y “su” la fuerza vertical mínima.

- Si se trata de acoplamientos de quinta rueda no destinados a corregir la trayectoria de los semirremolques se emplearán los siguientes valores de fuerza:

- Horizontal: $F_{hw} = \pm 0,675 \times D$
- Vertical: $F_{so} = g \times 1,2 U$
 $F_{su} = g \times 0,4 U$

Donde el subíndice “hw” indica que se trata de una fuerza horizontal alternante, “so” indica que se trata de la fuerza vertical máxima y “su” la fuerza vertical mínima.

En función del tipo de acoplamiento de quinta rueda que se trate de acuerdo a las indicaciones del fabricante, se programará la máquina de ensayos para unos u otros parámetros, y la naturaleza de la fuerza deberá ser de carácter alternante sinusoidal.

Terminada la ejecución del número de ciclos de aplicación de la carga y verificando que la máquina de ensayos está parada por completo, se comprobará que ninguna de las piezas del acoplamiento presenta fracturas o grietas.

Debido a la dificultad que puede existir a la hora de evaluar la presencia de grietas, se empleará el método de líquidos penetrantes empleado también en otros ensayos como, por ejemplo, en el ensayo estático de flexión.

Ensayo estático

Consideraciones previas

Como se ha mencionado previamente se realizará un ensayo de elevación a todos los modelos de este tipo de dispositivos, y de forma adicional, se realizará un ensayo de flexión sobre aquellos dispositivos destinados a corregir la trayectoria de los semirremolques.

Estos ensayos serán llevados a cabo de forma simultánea junto con la aplicación de la carga máxima vertical U para tratar de simular el comportamiento del acoplamiento en condiciones de servicio. La aplicación de la carga vertical U será realizada sobre el acoplamiento, en su posición de funcionamiento mediante una placa rígida de tamaño suficiente para cubrir el acoplamiento, específicamente diseñada para tal fin. Las especificaciones de dicha placa se encuentran en (Indicar los planos y especificaciones de la placa).

Los parámetros de fuerza indicados para los ensayos estáticos deberán ser aplicados durante un periodo de 60 segundos una vez que han alcanzado el valor máximo. La aplicación deberá realizarse de forma lenta y progresiva.

Ensayo de elevación

Este ensayo será realizado en todos los acoplamientos de quinta rueda sin excepción.

Para realizar este ensayo nos ayudaremos de una palanca que estará fijada a la placa de acoplamiento, de modo que uno de los extremos de la palanca estará apoyado en el acoplamiento y el otro se encontrará a una distancia de 1,1 m (donde tendrá lugar la aplicación de la fuerza) desde el centro de la ubicación del pivote de acoplamiento.

Dicha fuerza será aplicada mediante una prensa vertical adicional al marco de ensayos diseñado.

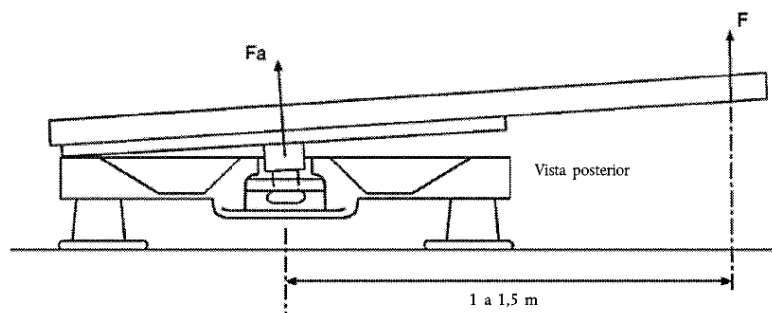


Ilustración 15: Representación de ensayo estático de elevación para acoplamiento de 5ª rueda

Aunque en la ilustración anterior queda indicado que puede emplearse un brazo de palanca de una longitud comprendida entre 1 y 1,5 m, en el diseño del brazo de palanca realizado junto a la placa de acoplamiento la aplicación de la fuerza ha sido establecida en 1,1 m.

Para este ensayo, el brazo de palanca estará orientado 90° en la dirección de entrada del pivote de acoplamiento, considerando esta posición como la más desfavorable a menos que sea de carácter obvio alguna otra posición. De todas formas, solo será necesario realizar el ensayo una única vez.

Como paso previo al ensayo, también se realizará una limpieza superficial con un paño seco con la finalidad de eliminar restos de suciedad, grasa, etc. Tanto antes como al finalizar el ensayo, la muestra de ensayo no presentara deformaciones que impidan su uso convencional.

Será necesaria la instalación de las galgas extensiométricas para comprobar que la deformación plástica tras finalizar el ensayo se encuentra por debajo del 10% en cualquiera de las dimensiones nominales del acoplamiento.

Para ello, puede consultarse la guía correspondiente que se encuentra en los anexos.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, se instalará el dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante, teniendo especial cuidado con el par de apriete empleado para los tornillos de las fijaciones. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados. También existe la posibilidad de realizar alguna operación auxiliar como puede ser la lubricación de alguna de las partes del dispositivo según las indicaciones del fabricante.

Una vez fijado el dispositivo de acoplamiento a la base se procederá a realizar el acoplamiento entre la placa de acoplamiento con la palanca y el dispositivo de acoplamiento de quinta rueda comprobando que se encuentra correctamente anclado.

En dicha placa irá instalada una roseta de galgas extensiométricas, previamente instalada, que permitirá cuantificar las deformaciones de la placa de acoplamiento. La deformación permanente que tenga lugar al final del ensayo tendrá que ser inferior al 10% de la máxima medida obtenida durante el ensayo.

Estando colocado como se indica, con la ayuda del goniómetro y una referencia se orientará el brazo de palanca 90° en la dirección de entrada del pivote de acoplamiento en el acoplamiento de forma que se sitúe en la posición en la que la prensa ejercerá la fuerza.

A continuación, se procederá al anclaje del extremo libre de la palanca con el punto de anclaje de la prensa mediante el accesorio (indicar referencia) y el bulón destinado para tal fin. Dicho bulón deberá ser lubricado ligeramente con el objetivo de facilitar una ligera rotación en su eje longitudinal al aplicar la carga.

Deberá tenerse en cuenta la correcta colocación de estos dispositivos para evitar lecturas erróneas con la celda de carga y posibles accidentes que puedan poner en riesgo al operario.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Como paso previo a la aplicación de la fuerza es preciso determinar la distancia existente entre el centro del pivote de acoplamiento y el extremo de la placa de acoplamiento que está en contacto con la quinta rueda.

Para ello se medirá el “sobrante” existente entre la placa de acoplamiento y el borde de la quinta rueda. Con esto puede obtenerse el parámetro “x”, que será el resultado de restar a 480 mm el valor que hayamos obtenido. Con esto realizado introducimos x en la siguiente ecuación para obtener el valor de la fuerza F que debe aplicar la prensa:

$$F = \frac{Fa * x}{1,1 + x}$$

Una vez hecho esto, se procederá a la aplicación de una fuerza Fa mediante la prensa cuyo valor inicial será el producto de parámetro “U” aportado por el fabricante y el valor de la aceleración de la gravedad “g” (9,81 m/s²).

Dependiendo del tipo de acoplamiento, en función del tamaño del pivote empleado principalmente, pueden destacarse principalmente 2 casos:

- Si se trata de un acoplamiento de quinta rueda normalizado de la clase G50 o equivalente para el mismo diámetro del pivote de acoplamiento, el pivote de acoplamiento no deberá separarse cuando se aplique una fuerza Fa = g x 2,5U.
- o Si se trata de acoplamientos no normalizados con un diámetro de pivote superior a 50 mm, la fuerza de elevación será de Fa = g x 1,6U con un valor mínimo de 500 kN.

Aunque estén indicadas las fuerzas de aplicación para F_a , conviene indicar que los valores que deberá ejercer la prensa son los obtenidos para F , ya que es en ese punto donde estará situada la célula de carga. Para ello simplemente será necesario introducir en la fórmula (indicar referencia) el valor de F_a .

De acuerdo a lo anterior, la fuerza que debe ser aplicada en sentido vertical para el ensayo de elevación es de **137 kN**.

Ensayo de flexión

En primer lugar, es necesario indicar que este ensayo solo se realizará en aquellos acoplamientos de quinta rueda que estén destinados a una cuña de dirección o similar para corregir la trayectoria de los semirremolques.

Se llevará a cabo para comprobar que su resistencia es la adecuada y que se reproduzcan condiciones normales de funcionamiento en servicio mientras tiene lugar la aplicación simultánea de la carga vertical máxima de la quinta rueda.

La carga vertical U indicada, se aplicará mediante una placa de acoplamiento suficientemente grande para cubrir completamente el acoplamiento de la muestra a ensayar. Dicha placa ya ha sido previamente diseñada y solo será necesario realizar su conexión con el dispositivo de quinta rueda y las máquinas de ensayo.

Para los ensayos, es empleado un valor de U de **20 toneladas**.

Descripción del procedimiento

En primer lugar se limpiará con un paño seco todo el dispositivo con el objetivo de obtener superficies libres de impurezas que puedan perjudicar a la toma de datos y también para facilitar la conservación del instrumental empleado.

Seguidamente, se instalará el dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante, teniendo especial cuidado con el par de apriete empleado para los tornillos de las fijaciones. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados.

También existe la posibilidad de realizar alguna operación auxiliar como puede ser la lubricación de alguna de las partes del dispositivo según las indicaciones del fabricante.

Una vez fijado el dispositivo de acoplamiento a la base se procederá a realizar el acoplamiento entre la placa de acoplamiento y el dispositivo de acoplamiento de quinta rueda comprobando que se encuentra correctamente anclado. En este caso, la placa simplemente será utilizada para aplicar la máxima carga vertical “ U ”.

Indicado esto, se procederá al anclaje de los útiles y el acoplamiento con los actuadores hidráulicos, los cuales estarán provistos con las correspondientes células de carga, correspondientes mediante los bulones indicados para ello.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

La magnitud de la fuerza empleada será la necesaria para ejercer un momento de $0,75 \text{ m} \times D$ sobre el centro del pivote. Dicho momento se aplicará mediante un brazo de palanca de $0,5 \text{ m}$ en el que actúe la fuerza necesaria, la cual tendrá un valor de $1,5 \times D$, siendo “D” un parámetro suministrado por el fabricante del acoplamiento. El valor de D para los ensayos es de **150 kN**.

Con lo anterior realizado, deberá comprobarse adicionalmente mediante el goniómetro que el ángulo formado por el actuador horizontal con el brazo de palanca forma 90° . En caso de no ser así, sería necesario aplicar otro valor de fuerza distinto al establecido que dependerá del ángulo formado. En ese caso el valor necesario de la fuerza a aplicar tendría un valor igual a:

$$F = \frac{1,5 \times D}{\sin \alpha}$$

- Siendo α el ángulo formado entre el brazo de palanca y la dirección de aplicación de la fuerza.

Habiendo comprobado de nuevo que todo está correctamente ensamblado puede procederse a la introducción de los parámetros específicos de fuerza en la máquina de ensayos. Todo siempre respetando las medidas de seguridad indicadas al inicio de este manual.

Concluido el ensayo no deben observarse grietas. Para ello se empleará en ensayo no destructivo de verificación de grietas superficiales mediante líquidos penetrantes. Para ello deberá emplearse el kit mencionado al inicio de este apartado y seguir adecuadamente las instrucciones suministradas por el fabricante del producto.

Una vez finalizado este procedimiento y habiendo comprobado que se cumplen todos los requisitos indicados de forma satisfactoria se puede dar por concluido de forma exitosa el proceso de verificación de este tipo de acoplamientos.

Anillos de remolque

Estructura

- **Introducción y definición**
- **Aspectos metrológicos y visuales**
 - Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional
 - Procedimiento de verificación dimensional
 - Consideraciones y labores previas
 - Resumen del procedimiento
 - Descripción del procedimiento e instrucciones
 - Manguitos de remolque
 - Anillos de remolque de clase D 50-A y D 50-X
 - Anillos de remolque de clase D 50-B
 - Anillos de remolque de clase D 50-C y D 50-D
 - Aclaraciones para anillos de remolque clase L(L1-L5)
- **Procedimientos de ensayos mecánicos**
 - Consideraciones y labores previas
 - Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo
 - Procedimientos de ensayo
 - Ensayos para anillos de remolque con enganches articulados que permiten el movimiento vertical libre ($S=0$) (Clase D y L)
 - (Ver procedimiento para ganchos de remolque para enganches articulados con carga vertical nula ($S=0$)).
 - Ensayos para anillos de remolque destinados a eje central
 - (Ver procedimiento para cabezas de acoplamiento de bola para masa C de hasta 3,5 toneladas)
 - (Ver procedimiento para cabezas de acoplamiento de bola para masa C de superior a 3,5 toneladas)

Introducción y definición

Pertenecen a este tipo de dispositivos aquellos clasificados dentro de la clase D, aunque debido a la medida normalizada de 50 mm para todos los dispositivos de esta clase puede decirse clase D50. También son anillos de remolque los dispositivos de acoplamiento pertenecientes a la clase L. En este caso, se trata de anillos toroidales.



Ilustración 16: Anillo de remolque de clase D

Estos dispositivos de acoplamiento estarán diseñados para su uso con ganchos de remolque C50 y no girarán axialmente puesto que los acoplamientos respectivos pueden girar entre sí.

Es necesario indicar que en el caso de que los anillos de remolque empleen un manguito para su uso, dicho manguito no deberá estar soldado al anillo de remolque.

Adicionalmente, también es preciso englobar dentro de este apartado a los anillos de remolque toroidales de clase L, los cuales deberán estar diseñados para su uso con acoplamientos tipo gancho de clase K. Es por ello por lo que también quedarán indicados tanto los requisitos dimensionales como los requisitos de resistencia mecánica relativos a los acoplamientos de clase L.

Aspectos metrológicos y visuales

Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones necesarias sobre este tipo de dispositivo, será necesario el siguiente instrumental:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 300 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Goniómetro:** Será imprescindible para la medida de ángulos entre planos y puntos de referencia. Deberá tener un rango de medición mínimo de 180°, una resolución mínima de 0,5° y un tamaño suficientemente pequeño como para ser introducido en los lugares que corresponda. En caso de no ser posible, puede emplearse una plantilla elaborada en un material cualquiera cuyo ángulo medido con el goniómetro sea el adecuado.

- **Útil medida chaflanes internos de 30° y 40° en manguitos de remolque:** El útil mencionado tiene la referencia “Dim-01” y ha sido específicamente diseñado para poder comprobar los chaflanes de los manguitos de remolque simplificando esta operación y aumentando la productividad y eficiencia del procedimiento. El extremo que tiene una muesca es para los chaflanes de 30° y el extremo opuesto para los de 40°.
- **Galga de radios (cóncava):** Será necesaria para medir aquellos radios que por su disposición en la pieza u otros aspectos no puedan ser medidos mediante otros instrumentos. Para este caso, será necesario que las galgas sean de carácter cóncavo para medir radios internos, y que tenga al menos un rango de medición hasta 10 mm, y una resolución de 1 mm.
- **Galga de roscas métricas:** Este dispositivo será de utilidad para comprobar que la geometría y el perfil de las roscas.
- **Aro calibre cónico:** Será necesario para comprobar que la conicidad del anillo de remolque y de la barra de tracción, por lo que será necesario emplear uno para interiores y otro para exteriores con una conicidad de 1:10 y un diámetro mínimo inferior a 70 mm.

Puede que el proceso de verificación dimensional de este tipo de acoplamientos sea de los más complejos debido al gran número de dimensiones a verificar y también al diverso instrumental que es necesario emplear, por lo que es necesario que el operario este familiarizado con el uso de este.

Se deberá por ello tener especial cuidados con las indicaciones de “longitud máxima” y “longitud mínima”.

Procedimiento de verificación dimensional

Consideraciones y labores previas

Los requisitos establecidos en este apartado son aplicables a todos los dispositivos pertenecientes a la Clase D50. Hay que hacer una pequeña aclaración para los dispositivos de la Clase D50-X, cuya forma del vástago no queda definida, aunque para una distancia de 210 mm del centro del anillo hay unos parámetros cuyos valores deben encontrarse dentro de unos límites.

Además, también quedaran reflejados los requerimientos que deben cumplir los dispositivos de acoplamiento de clase L, que son similares a los de Clase D.

Puesto que los anillos de remolque pueden ir equipados de un manquito en su interior, en este procedimiento de verificación dimensional serán indicados también los requisitos dimensionales que estos deben cumplir.

Se tendrá especial cuidado en comprobar que todas las mediciones se encuentran dentro de los valores establecidos por las tolerancias de los valores nominales.

Para ello, se dispone de unas tablas en los anexos en las que se indican las mediciones que es preciso realizar. Si éstas deberán ser rellenas indicando la medida realizada y comprobando la validez de esta de acuerdo a las tolerancias permitidas.

Habiendo realizado previamente las diferentes aclaraciones, a continuación se muestra de forma sencilla el procedimiento a seguir para la verificación dimensional de la muestra.

Resumen del procedimiento

Tras tener el conocimiento de las normas de seguridad básicas y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar y el instrumental de medición adecuado, se procede en primer lugar a la limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Seguidamente, se identificará el tipo de clase y subclase a la que pertenece el anillo de remolque, y con el instrumental de medición que se indique o más apropiado para el tipo de medida correspondiente, se realizarán las verificaciones de las diferentes dimensiones, ángulos o rangos de movimiento según corresponda, presentes en las tablas de verificación. Por norma general, en primer lugar son realizadas las medidas de longitudes, para luego seguir con medidas de ángulos y rangos de movimiento.

En primer lugar serán realizadas las comprobaciones de los manguitos de los anillos de remolque, si corresponde, para seguir a continuación con el anillo de remolque en sí. Se tendrá especial cuidado con el caso de los anillos de remolque toroidales no normalizados de la clase L.

Se dispone de unas tablas de verificación en los anexos, en las cuales serán anotadas las medidas obtenidas, y tras ser contrastadas con las medidas de referencia que se indiquen, se señalará la casilla de “válido” o “no válido” según corresponda.

El procedimiento se calificará como superado cuando todas las casillas de la tabla o tablas establecidas están marcadas como “válidas” a menos que se indiquen excepciones justificadas y se hayan superado las comprobaciones mencionadas.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, serán aplicadas las instrucciones establecidas en la guía de seguridad que se encuentra en los anexos para evitar posibles accidentes y daños y garantizar la seguridad del procedimiento.

Completado lo anterior, se realizara una breve limpieza del dispositivo de acoplamiento o el manguito de remolque mediante un paño seco con el objetivo de eliminar posibles restos de grasa, suciedad, etc. Además, esto reducirá los errores de medición y garantizará un mejor mantenimiento y conservación del instrumental de verificación empleado.

- Manguitos de remolque

Según el modelo pueden encontrarse anillos ranurados y no ranurados.

En primer lugar emplearemos el calibre para comprobar tanto las dimensiones longitudinales como los diámetros internos o externos según corresponda dependiendo del tipo de manguito del que se trate.

Finalizado el empleo del calibre, se usará el goniómetro o las plantillas elaboradas como instrumento alternativo para comprobar los ángulos de los chaflanes que sean necesarios. En este caso de 30° para el manguito ranurado y 40° para el manguito no ranurado.

Para realizar todas las comprobaciones nos ayudaremos de las ilustraciones que se muestran a continuación y de las tablas donde están referenciadas todas las mediciones que deben ser realizadas. Conviene que dichas mediciones sean realizadas en el orden en el que aparecen en las tablas con la finalidad de evitar posibles retrasos o tiempos muertos innecesarios.

Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas.

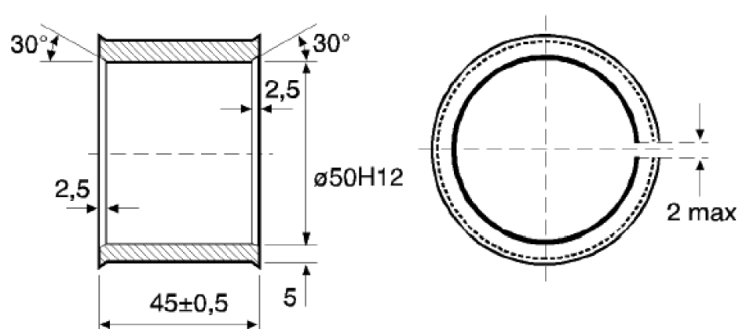


Ilustración 17: Manguito ranurado para anillos de remolque de clase D50

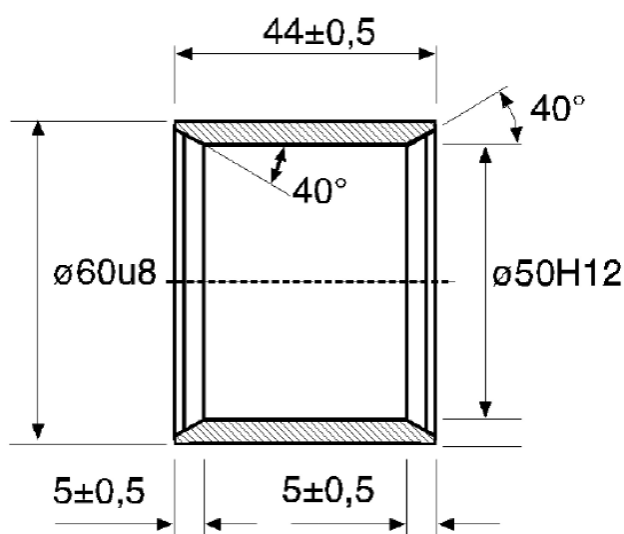


Ilustración 18: Manguito no ranurado para anillo de remolque de clase D50-C

- **Anillos de remolque de clase D 50-A y D 50-X**

En primer lugar emplearemos el calibre para comprobar tanto las dimensiones longitudinales como los diámetros internos o externos según corresponda dependiendo del tipo de manguito del que se trate.

Al igual que sucede con el resto de procedimientos de verificación dimensional, deberá tenerse especial cuidado con las tolerancias permitidas y las indicaciones correspondientes a cada cota.

Finalizado el empleo del calibre, se usará el goniómetro o las plantillas elaboradas como instrumento alternativo para comprobar los ángulos de los chaflanes que sean necesarios.

Por último, y esto es aplicable a todos los dispositivos, se emplearán las galgas de radios necesarias según corresponda y también los aros calibre de conicidad. Todo ello dependiendo del dispositivo del que se trate, por lo que sería recomendable realizar una lectura previa superficial para evitar malas interpretaciones y errores posibles.

Para realizar todas las comprobaciones nos ayudaremos de los diagramas que se muestran a continuación y de las tablas donde están referenciadas todas las mediciones que deben ser realizadas. Conviene que dichas mediciones sean realizadas en el orden en el que aparecen en las tablas con la finalidad de evitar olvidos y posibles retrasos o tiempos muertos innecesarios.

Es necesario hacer mención especial a la forma del vástago de los dispositivos de la clase D 50-X, que al tratarse de dispositivos no normalizados sus dimensiones no están claramente especificadas.

No obstante, para una distancia de 210 mm del centro del anillo, la altura “h” y la anchura “b” (ver figura indicar cuál) deben encontrarse dentro de los límites mostrados en la tabla de verificación correspondiente disponible en los anexos.

Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

Aclarado lo anterior, con la ayuda de la ilustración se tomarán las medidas que se encuentran en las ilustraciones siguientes siguiendo en orden las que aparecen en las tablas de verificación correspondientes pueden verificarse las dimensiones de los anillos de remolque de las clases D 50-A y D 50-X:

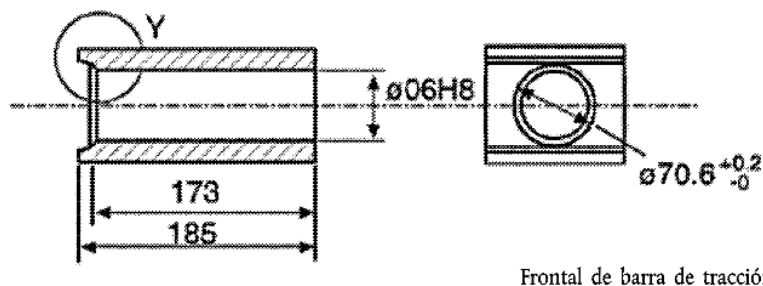


Ilustración 22: Dimensiones del frontal de la barra de tracción para el anillo de remolque

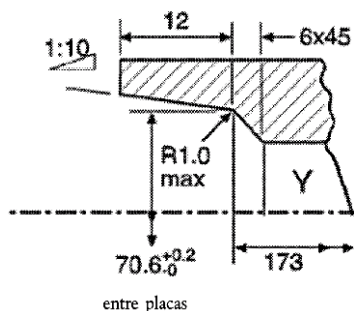


Ilustración 23: Ampliación de la sección Y de la ilustración 21

Anillos de remolque de clase D 50-C y D 50-D

El procedimiento a seguir es el mismo que para los anillos de remolque de clase D 50-A y D 50-X pero siguiendo las ilustraciones y tablas que se muestran a continuación. Las dimensiones relativas al anillo en sí, son las mismas que las establecidas para las clases D 50-A y D 50-X que se encuentran en el apartado anterior.

Las tablas que se muestran a continuación de las ilustraciones siguientes deben ser completadas con las medidas correspondientes realizadas. Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

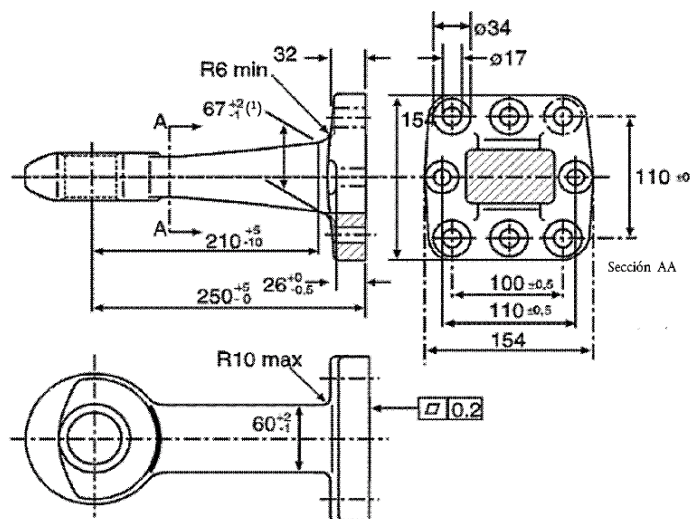


Ilustración 24: Dimensiones y ángulos de anillos de remolque de clase D50-C y D50-D

Aclaraciones para anillos de remolque clase L (L1-L5)

A continuación se explican brevemente una serie de indicaciones aclaratorias que hacen referencia a algunos aspectos de los anillos de remolque toroidales de la Clase L:

- Para estos dispositivos solo será necesario emplear el calibre debido a la relativa sencillez geométrica que presentan.
- Al igual que para el resto de acoplamientos, a continuación se muestran unas ilustraciones orientativas para poder rellenar las tablas de verificación correspondientes que se encuentran en los anexos.
- Como siempre conviene recordar, es necesario identificar en primer lugar la Clase de la que se trata (L1-L5) y tener cuidado con las tolerancias e indicaciones que se establecen para cada una de las medidas, tratando de realizar están en el orden en el que se indican.

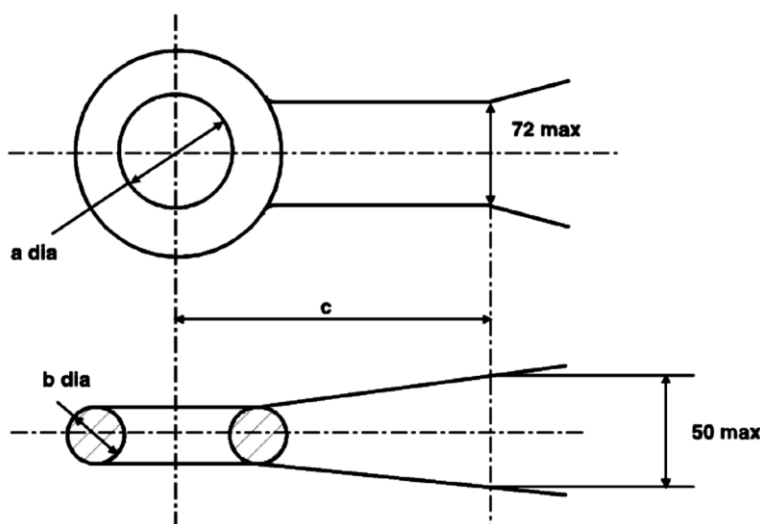


Ilustración 25: Dimensiones de anillo de remolque de clase L

Las medidas de 72 mm (máximo) y 50 mm (máximo) son relativas a todos los dispositivos.

Finalizado cualquiera de los procedimientos anteriores según correspondiera, ya puede darse por finalizado el procedimiento de verificación dimensional.

Procedimientos de ensayos mecánicos

El procedimiento de ensayo será el mismo tanto para los anillos de remolque de clase D como para los anillos de remolque toroidales de clase L.

Independientemente de la clase de anillo de la que se trate, estos serán sometidos a los mismos ensayos mecánicos de carácter dinámico empleados en los acoplamientos de tipo gancho con la necesidad de realizar unas breves aclaraciones para dichos procedimientos:

- **Anillos de remolque que permiten el movimiento vertical libre**

Los anillos de remolque utilizados únicamente en los remolques con enganches articulados que permiten el movimiento vertical libre se someterán a la fuerza alternante para los ganchos de remolque para enganches articulados con carga vertical nula ($S=0$).

- **Anillos de remolque destinados a remolques de eje central con masa C de hasta 3,5 toneladas**

Los anillos de remolque destinados a los remolques de eje central se someterán a ensayo de la misma manera que las cabezas de acoplamiento de bola para remolques con masa C de hasta 3,5 toneladas. Simplemente es necesario consultar dicho apartado y seguir los correspondientes pasos teniendo en cuenta las cargas que son aplicadas y su naturaleza.

- **Anillos de remolque destinados a remolques de eje central con masa C superior a 3,5 toneladas**

Los anillos de remolque destinados a los remolques de eje central se someterán a ensayo de la misma manera que las cabezas de acoplamiento de bola para remolques con masa C superior 3,5 toneladas. Simplemente es necesario consultar dicho apartado y seguir los correspondientes pasos teniendo en cuenta las cargas que son aplicadas y su naturaleza.

Aclaraciones

Al igual que para los acoplamientos tipo gancho, se neutralizaran los elementos flexibles que dificulten el ensayo mediante el empleo de abrazaderas metalizas o dispositivos similares que inhabiliten el efecto de estos.

Deberá comprobarse que las partes o secciones cuyo movimiento relativo está bloqueado no presentan peligro para el operario debido al tipo de sujeción empleado o debido también a su colocación sobre el dispositivo.

No obstante, aunque el tipo de ensayo sea el mismo que el descrito para los ganchos de remolque, las fuerzas de aplicadas cambian dependiendo de la clase de la que se trate, por lo que a continuación se muestran los valores de los parámetros necesarios para ello:

Clase	D 50-A	D 50-B	D 50-C	D 50-D
D (kN)	130	130	190	190
Dc (kN)	90	90	120	130
S (kg)	1000	1000	1000	1000
V (kN)	30	25	50	75

Tabla 6: Valores de parámetros característicos para anillos de remolque de clase D

Clase	L1	L2	L3	L4	L5
D (kN)	30	70	100	130	180
Dc (kN)	27	54	70	90	120
S (kg)	200	700	950	1000	1000
V (kN)	12	18	25	35	50

Tabla 7: Valores de parámetros característicos para anillos de remolque de clase L

Bolas de remolque y soportes de tracción

Estructura

- **Introducción y definición**
- **Aspectos metrológicos y visuales**
 - Instrumental, útiles necesarios y consideraciones previas
 - Procedimiento de verificación dimensional
 - Consideraciones previas
 - Descripción del procedimiento
 - Resumen del procedimiento
 - Verificación dimensional del elemento esférico
 - Verificación del acoplamiento de clase A50-1
 - Verificación de acoplamientos de clases A50-2 a A50-5
 - Aspectos destacables para bolas de remolque y relativos a su instalación en vehículos
- **Procedimientos de ensayos mecánicos**
 - Consideraciones previas
 - Instrumental, útiles necesarios y consideraciones previas
 - Procedimiento de ensayo
 - Resumen de los procedimientos
 - Ensayo dinámico
 - Consideraciones previas y aclaraciones
 - Descripción del procedimiento
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas
 - Bolas de acoplamiento de una pieza o con bolas desmontables no intercambiables
 - Bolas de acoplamiento con elementos desmontables
 - Dispositivos de acoplamiento con dimensiones variables para bolas de acoplamiento intercambiables
 - Ensayo estático
 - Consideraciones previas y aclaraciones
 - Descripción del procedimiento
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Introducción y definición

Pertenecen a este tipo de acoplamientos los clasificados dentro de la clase A. Este tipo de dispositivos se encuentran instalados en el vehículo tractor y son muy utilizados en todos los sectores, y es el más extendido en el ámbito civil tanto a nivel industrial como particular debido a su pequeño tamaño, sencillez y diversidad de usos.



Ilustración 26: Bola de remolque de clase A

Al igual que sucede con la práctica totalidad de los acoplamientos, estos acostumbran a estar instalados de forma centrada en la parte posterior del vehículo tractor de acuerdo a la dirección de la marcha.

Como se puede observar, están provistos de un elemento esférico de 50 mm de diámetro y unos soportes situados en el vehículo tractor. Este conjunto se une al remolque por medio de una cabeza de acoplamiento, el cual es un dispositivo de acoplamiento de clase B que será tratado en el correspondiente apartado. Pueden clasificarse a grandes rasgos en:

- Acoplamientos de clase A50-1 a 50-5: Bolas de remolque normalizadas con elemento esférico de 50 mm de diámetro y con fijación atornillada con pestaña.
- Acoplamientos de clase A50-X: Bolas de remolque y soportes de tracción no normalizados con elemento esférico de 50 mm de diámetro.

Este tipo de acoplamientos deberá estar diseñado para trabajar de forma conjunto con las cabezas de acoplamiento, de las cuales se hablará en el correspondiente apartado de acoplamientos de clase B. Generalmente la bola de remolque estará instalada en el vehículo tractor y la cabeza de acoplamiento en el remolque.

Para los dispositivos de Clase A50-X no normalizados, como puede ser el caso de bolas de remolque desmontables, las conexiones, fijaciones y la disposición de cierre no presentarán dificultades para su instalación, para la cual el fabricante deberá suministrar una serie de instrucciones mínimas.

Aspectos metrológicos y visuales

Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones necesarias sobre este tipo de dispositivo, será necesario el siguiente instrumental:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 200 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Rugosímetro:** El laboratorio o centro de pruebas donde se realicen los ensayos deberá contar con un rugosímetro, el cual debe tener un rango de medición para Ra de al menos 10 μm y una resolución mínima de 0,1 μm .
- **Galga de radios (cóncava):** Será necesaria para medir aquellos radios que por su disposición en la pieza u otros aspectos no puedan ser medidos mediante otros instrumentos. Para este caso, será necesario que las galgas sean de carácter cóncavo para medir radios internos, y que tenga al menos un rango de medición hasta 3 mm, y una resolución de 0,5 mm.
- **Galga de bola de remolque (diseñada):** Se trata de un útil similar a un calibre pasa/no pasa que permite una rápida comprobación. Mejora la productividad y eficiencia del trabajo realizado. Dicho útil diseñado tiene la referencia “Dim-02”.
- **Goniómetro:** Será imprescindible para la medida de ángulos entre planos y puntos de referencia. Deberá tener un rango de medición mínimo de 180° y una resolución mínima de 1°.
- **Cinta métrica:** Aunque con una resolución inferior a la del calibre, permitirá medir un mayor rango de longitud. Será suficiente que tenga un rango de medición de 1 m y una resolución de 1 mm.

No es necesario realizar importantes aclaraciones debido a la sencillez dimensional de estos dispositivos, simplemente prestar especial atención a los comentarios y tolerancias de las cotas de cada tipo de acoplamiento.

Procedimiento de verificación dimensional

Consideraciones previas

Los requisitos establecidos en esta apartado son aplicables a todos los acoplamientos de bola de remolque de la clase A.

La muestra a ensayar deberá ser suministrada con todos los elementos necesarios para su montaje, los cuales serán indicados en las instrucciones aportadas por el fabricante.

Adicionalmente al procedimiento de verificación dimensional, se indicarán una serie de condiciones adicionales relativas a amplitud de movimientos y espacio para el caso de dispositivos no normalizados que se encontraran instalados en un vehículo.

Deberá comprobarse que los soportes de tracción suministrados junto con la muestra, cuenten con puntos de sujeción a los que puedan fijarse dispositivos secundarios necesarios para que sea posible la detención automática del remolque en caso de separación del acoplamiento.

Para ello, se dispone de unas tablas en las que se indican las mediciones que es preciso realizar. Estas deberán ser rellenadas indicando la medida realizada y comprobando la validez de esta de acuerdo a las tolerancias permitidas.

Para facilitar esta tarea al operario, si dichas tablas son cumplimentadas en formato electrónico, con tan solo introducir la medida realizada se indicara de forma automática si esta es o no correcta.

Habiendo realizado previamente las diferentes aclaraciones, a continuación se muestra de forma sencilla el procedimiento a seguir para la verificación dimensional de la muestra.

Resumen del procedimiento

Después de conocer las normas de seguridad básicas y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar y el instrumental de medición adecuado, se procede en primer lugar a la limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Seguidamente, se identificará el tipo de subclase a la que pertenece la muestra de bola de remolque para emplear unas u otras tablas e ilustraciones, y con el instrumental de medición que se indique o más apropiado para el tipo de medida correspondiente, se realizarán las verificaciones de las diferentes dimensiones, ángulos o rangos de movimiento según corresponda, presentes en las tablas de verificación que se encuentran en los anexos.

En dichas tablas se anotarán las medidas obtenidas, y tras ser contrastadas con las medidas de referencia que se indiquen, se señalará la casilla de “válido” o “no válido” según corresponda.

En primer lugar serán verificadas las dimensiones relativas al elemento esférico, y tras comprobar que el resultado es positivo, se puede proceder con el resto de componentes del acoplamiento como los soportes de tracción.

De forma adicional, cuando se trate de dispositivos ya instalados en un vehículo, también deberán respetarse una serie de espacios y distancias libres mínimas.

El procedimiento se calificará como superado cuando todas las casillas de la tabla o tablas establecidas están marcadas como “válidas” a menos que se indiquen excepciones justificadas.

Descripción del procedimiento

- Verificación dimensional del elemento esférico

En primer lugar, se procederá a realizar las comprobaciones requeridas habiendo realizado previamente, con un paño seco, una breve limpieza superficial de la muestra con el fin de eliminar posibles restos de grasa, suciedad, etc. Esto será especialmente útil a la hora de medir la rugosidad superficial con el rugosímetro.

Habiendo realizado la limpieza del dispositivo, se utilizará el rugosímetro para comprobar que la rugosidad superficial (Ra) de la muestra tiene un valor para Ra de 6,3 μm en la superficie esférica de la bola.

Una vez que ha sido realizado el proceso de medida de la rugosidad superficial con el rugosímetro y se ha comprobado que cumple con las especificaciones, puede continuarse con el siguiente paso relativo a la verificación de las dimensiones de la muestra.

Para ello, se empleará en primer lugar el calibre o pie de rey para la realización de todas las medidas que se indican en la tabla salvo el radio de acuerdo R 3mm (min), para el cuál se empleará la galga de radios descrita inicialmente.

Para el caso de la medida de la esfericidad de la bola, puede emplearse la galga diseñada para tal fin, de modo que la bola solo pueda pasar por uno de los orificios y por el otro no. La referencia de este útil diseñado es “Dim-02”.

Las ilustraciones siguientes sirven de orientación para completar las tablas de verificación que se encuentran en los anexos. Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

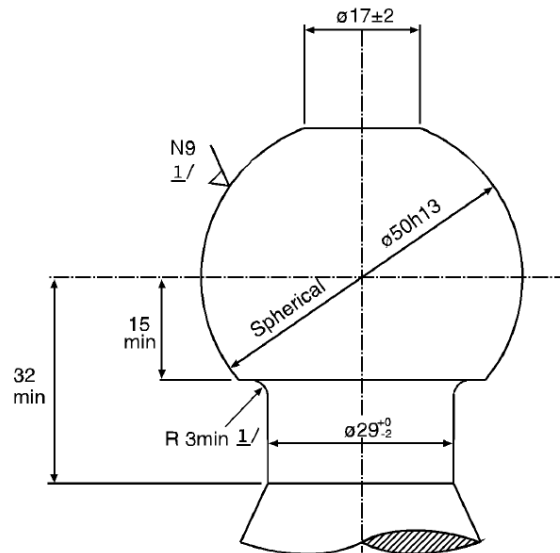


Ilustración 27: Elemento esférico de bola de remolque clase A

La anotación N9 hace referencia a la rugosidad de la superficie, que de acuerdo al estándar ISO/R 468 e ISO 1302, el valor de Ra es de 6,3 μm .

Para pasar esta prueba inicial con éxito todos los requisitos dimensionales deberán ser satisfechos sin excepción.

- **Verificación del acoplamiento de clase A50-1**

Una vez que las mediciones necesarias han sido realizadas sobre la bola de remolque, puede procederse a la verificación del resto de dimensiones del acoplamiento con bola para el caso de soportes de tracción con pestaña normalizados.

Para este procedimiento, similar al anterior, solo será necesario utilizar el calibre o pie de rey descrito al inicio de este apartado y comprobar cada una de las dimensiones que se indican en los siguientes cuadros e ilustraciones.

Las ilustraciones siguientes sirven de orientación para completar las tablas de verificación que se encuentran en los anexos. Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

Dependiendo de la subclase de la que se trate, se deberá tener cuidado con los valores dimensionales que tomamos como referencia. A continuación se muestran las ilustraciones y valores indicados para la clase A 50-1:

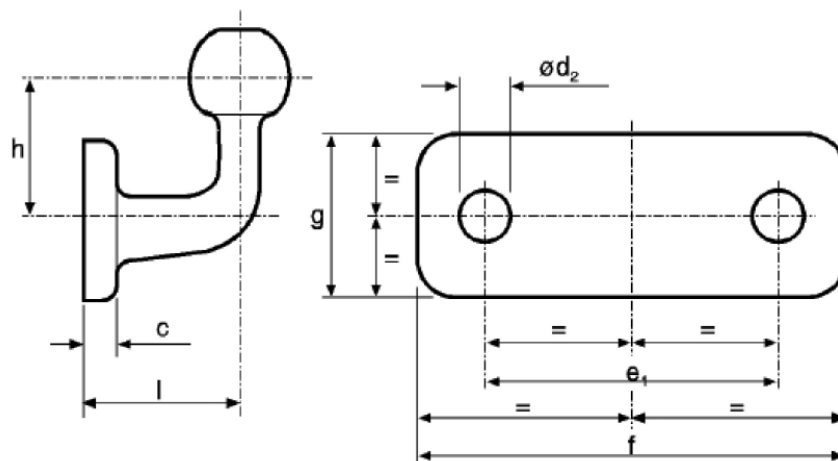


Ilustración 28: Dimensiones de acoplamiento de bola normalizados con pestaña de clase A 50-1

Puede verse que en ambos casos los dispositivos presentan una simetría tanto vertical como horizontal en la distribución de los orificios de sujeción.

Aunque no queda especificado ni en la tabla ni en los diagramas anteriores, las aristas del contorno de la pieza deben estar suavizadas, es decir, no debe haber aristas vivas en el dispositivo que puedan provocar cortes o poner en peligro al operario durante su manipulación.

- Verificación de acoplamientos de clases A50-2 a A50-5

Aunque para estas clases de acoplamiento el procedimiento es igual que el anterior, se enunciarán brevemente los pasos a seguir. Al igual que se ha procedido previamente a la verificación de las dimensiones de la bola ahora se continua con el resto del acoplamiento.

Para ello, solo será necesario utilizar el calibre o pie de rey descrito al inicio de este apartado y comprobar cada una de las dimensiones que se indican en los siguientes cuadros e ilustraciones.

Dependiendo de la subclase de la que se trate, se deberá tener cuidado con los valores dimensionales que tomamos como referencia. A continuación se muestran las ilustraciones orientativas para poder completar las tablas de los anexos según la subclase de la que se trate.

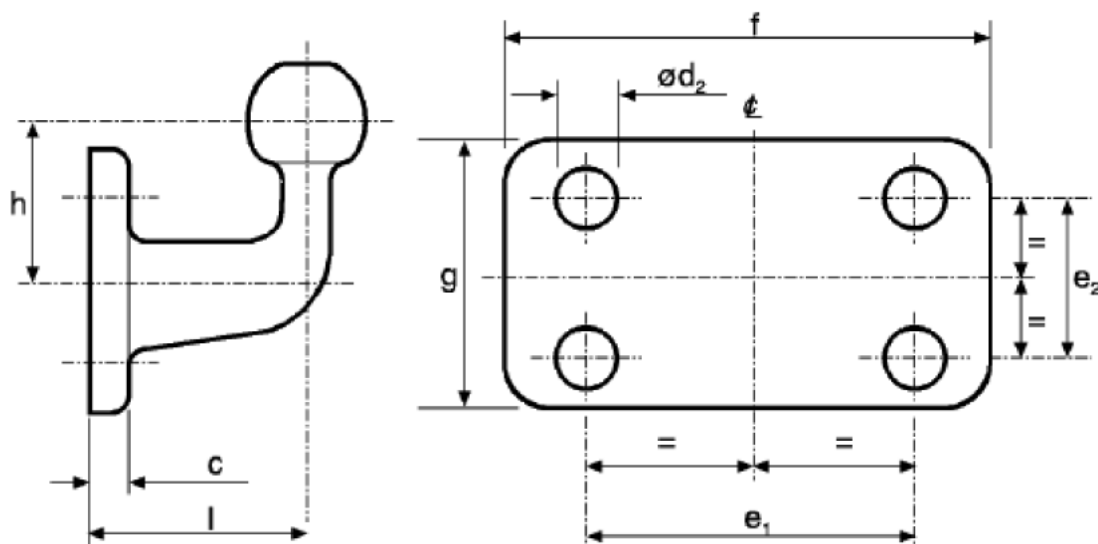


Ilustración 29: Dimensiones de acoplamientos de bola con pestaña normalizados de las clases A 50-2 a A 50-5

Como hecho relevante, puede verse que en ambos casos los dispositivos presentan una simetría tanto vertical como horizontal en la distribución de los orificios de sujeción.

Aunque no queda especificado ni en la tabla ni en los diagramas anteriores, las aristas del contorno de la pieza deben estar suavizadas, es decir, no debe haber aristas vivas en el dispositivo que puedan provocar cortes o poner en peligro al operario durante su manipulación.

Habiendo comprobado todas las indicaciones anteriores y pasado las pruebas establecidas, puede seguirse con el procedimiento.

Otras dimensiones adicionales

Cuando se trate de soportes de tracción, es necesario que estos dispongan de elementos y puntos de anclaje y sujeción de modo que puedan ser instalados sobre estos dispositivos esenciales de seguridad. Por ejemplo, es el caso del dispositivo secundario que hace posible la detención del remolque en caso de separación del acoplamiento principal.

Para que esto se cumpla y no existan dificultades a la hora de instalar, a continuación quedan recogidos unos requisitos mínimos de distancia entre los puntos de fijación mencionados y otros elementos del dispositivo de acoplamiento. Para realizar tales mediciones puede emplearse el calibre o la cinta métrica descrita.

Los puntos de sujeción podrán estar dispuestos de la siguiente forma:

- Se situará un único punto de sujeción a una distancia no superior a 100 mm de un plano vertical que atraviese el centro de articulación del acoplamiento.

- Cuando esto no sea posible mediante el empleo de un único punto de sujeción, se proporcionarán dos puntos de sujeción, uno a cada lado del eje central vertical, y equidistantes de dicho eje a un máximo de 250 mm. Los puntos de sujeción se situarán lo más hacia atrás y lo más elevados posible siempre que se cumpla el requisito dimensional.

Al igual que sucede con la verificación de otras dimensiones, en los anexos se dispone de una tabla en la que quedarán reflejadas las medidas realizadas y donde deberá marcarse la opción de “válido” o “no válido” según corresponda.

Aspectos destacables para bolas de remolque y relativos a su instalación en vehículos

Hay múltiples ocasiones en las que el dispositivo de acoplamiento se instala en un momento posterior a la venta y su diseño no ha sido específicamente realizado de acuerdo a las características del vehículo de destino. Debido a esto, es necesario exista cierta compatibilidad entre los dispositivos de acoplamiento y el vehículo, por lo que se establecen unos requisitos que deben cumplir relativos a espacios libres en el entorno del acoplamiento.

Cuando se trate de bolas de remolque o componentes desmontables cuya fijación no esté realizada mediante tornillos el punto de conexión y la disposición del cierre estarán diseñados para el enganche mecánico suministrado por el fabricante, de modo que el operario no tenga problemas con la identificación de los componentes ni con la instalación de los mismos.

Antes de comenzar con el proceso, es necesario indicar cuales deben ser las condiciones de carga del vehículo según se establecen en el reglamento CEPE/ONU 55:

- En el caso de vehículos de la categoría M1, el fabricante del vehículo declarará la masa del vehículo a la que se debe medir esta altura y la indicará en el formulario de comunicación (anexo 2). Se tratará de la masa máxima autorizada distribuida entre los ejes tal como haya declarado el fabricante del vehículo o bien la masa obtenida al cargar el vehículo de conformidad con el punto 2.1 del presente apéndice.
- La masa máxima en orden de marcha declarada por el fabricante del vehículo tractor más dos masas, de 68 kg cada una, situadas en las plazas de asiento exteriores de cada fila de asientos, estando colocados los asientos en su máxima posición ajustable hacia atrás para la conducción y el transporte normal, y con las masas situadas en las siguientes posiciones:
 - En los dispositivos y componentes de acoplamiento originales sometidos a homologación por el fabricante del vehículo, aproximadamente en un punto situado 100 mm delante del punto «R» para los asientos ajustables y 50 mm delante del punto «R» para otros asientos.

- En los dispositivos y componentes de acoplamiento sometidos a homologación por un fabricante independiente y destinados al mercado de repuestos, aproximadamente en la posición de una persona sentada.
- Para cada masa de 68 kg, se distribuirá uniformemente en la zona de equipaje del vehículo una masa adicional de 7 kg destinada al equipaje personal. En el caso de vehículos de la categoría N1, esta altura se medirá con la siguiente masa:
 - La masa máxima autorizada, distribuida entre los ejes, declarada por el fabricante del vehículo tractor.

Aclarados estos requisitos de carga para la medición de la altura de la bola de remolque y parámetros relacionados se puede continuar con el procedimiento anterior.

En primer lugar, se empleará la cinta métrica y el calibre para medir las distancias designadas en las tablas situadas al lado de cada ilustración correspondiente, y a continuación, con la ayuda del goniómetro se verificarán los ángulos indicados.

Una vez comprobado lo anterior y con la ayuda de una cabeza de acoplamiento (acoplada) y el goniómetro podrán comprobarse los rangos de movimiento que se establecen para que el dispositivo pase la prueba con éxito comprobándose que los ángulos indicados pueden ser realizados sin complicaciones, es decir, los ángulos de rotación vertical, horizontal y axial. Para ser más exactos, sería útil la ayuda de algún nivel o superficie plana y nivelada que nos permitiera realizar con mayor facilidad la medida de los ángulos.

Las tablas de verificación de las ilustraciones siguientes se encuentran en los anexos, y deben ser completadas con las medidas correspondientes realizadas. Todas las mediciones deben ser válidas para superar el procedimiento.

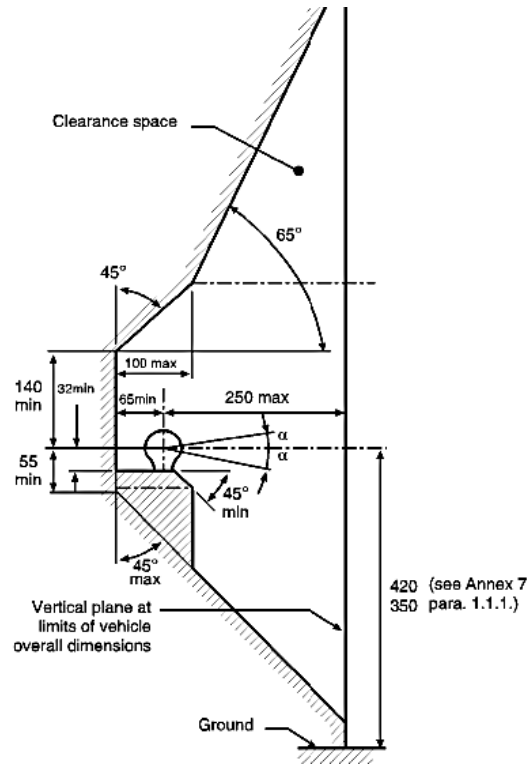


Ilustración 30: Vista lateral de espacios libres para bola de remolque instalada (1)

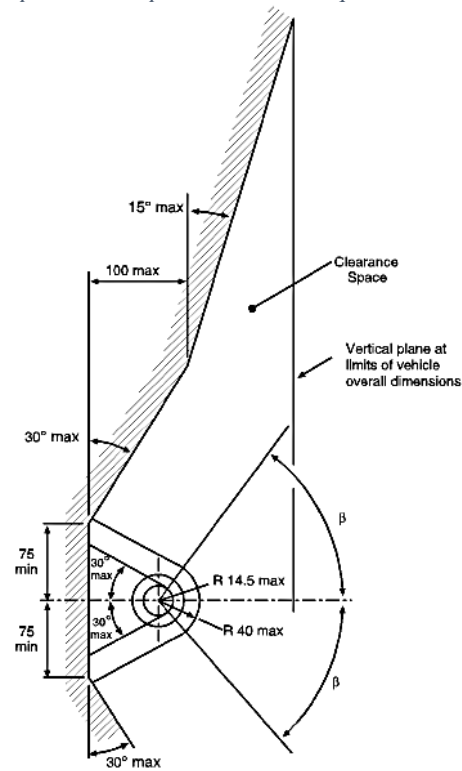


Ilustración 31: Vista superior de espacios libres para bola de remolque instalada (2)

No obstante, a pesar de los requerimientos dimensionales especificados, pueden darse una serie de excepciones que permitan una ligera modificación en este aspecto:

- Las zonas referenciadas como “espacio libre” pueden estar ocupadas por equipamiento no desmontable siempre que la distancia desde el centro de la bola hasta un punto vertical situado en el punto extremo posterior del equipamiento no supere los 300 mm. Puede ser, por ejemplo, el caso de la fijación de una rueda de repuesto.
- Además, no deberá interferir en el adecuado acceso al acoplamiento ni dificultar su articulación. Esta comprobación puede realizarse de forma visual comprobando que se cumplen los rangos de movimiento

Los dispositivos de acoplamiento tampoco podrán dificultar el correcto visionado de la matrícula, y si así lo hicieran, deberán poder desmontarse con facilidad o mediante herramientas sencillas mientras no estén siendo utilizados.

Procedimientos de ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos sirven para garantizar el correcto funcionamiento en servicio de estos dispositivos de acoplamiento mecánico. Serán de aplicación para las bolas de remolque y los soportes de tracción que permiten su fijación al vehículo.

Para estos acoplamientos se establece un ensayo dinámico, en el cual serán ensayados la bola de remolque, el cuello de la bola y los soportes de tracción mediante la aplicación de cargas alternantes. Previamente al inicio de los procedimientos de ensayo, se indican a continuación los diferentes tipos de dispositivos de acoplamiento mecánico.

En la siguiente página puede encontrarse una tabla que establece la clasificación de bolas de remolque soportes de tracción de acuerdo a lo establecido según el reglamento CEPE/ONU 55.

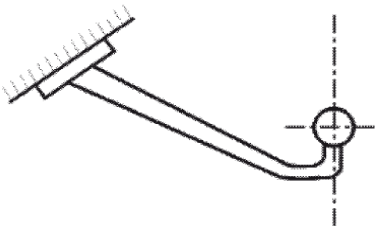

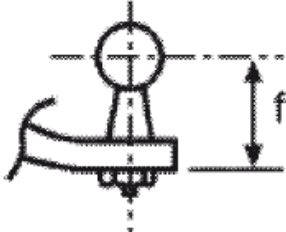

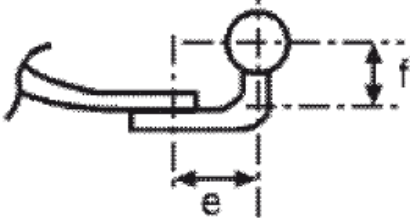
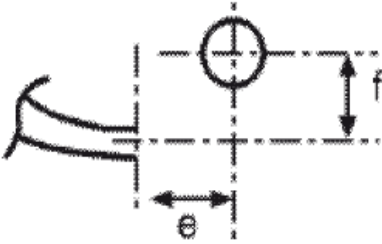
Ilustración	Descripción
	a) Soporte de tracción y bola de remolque de una sola pieza.
	b) Bola de remolque desmontable a mano. Por ejemplo, tipo bayoneta.
	c) Soporte con bola que puede desmontarse con herramientas
	d) Soporte con bola y soporte de bola, fijado con tornillos de clase A50, por ejemplo.
	e) Soporte con bola y soporte integral, montado con herramientas.
	f) Soporte sin bola.

Tabla 8: Tipos de acoplamientos de bolas de remolque y soportes de tracción

Adicionalmente, también queda establecido un ensayo estático para el caso de bolas de remolque desmontables cuya instalación sea realizada mediante elementos de fijación distintos de tornillos.

En la tabla que se muestra a continuación están indicados los valores de los parámetros característicos de este tipo de acoplamientos mecánicos:

Clase	A 50-1	A 50-2	A 50-3	A 50-4	A 50-5
D (kN)	17	20	30	20	30
S (kg)	120	120	120	150	150

Tabla 9: Valores de los parámetros característicos para bolas de remolque de clase A

Donde:

- El parámetro “D” es el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque, y que además será tomada como base para las cargas horizontales en los ensayos dinámicos.
- El parámetro “S” es la masa vertical aplicada en condiciones estáticas sobre el acoplamiento por un remolque de eje central cargado con la masa máxima técnicamente autorizada.

Es preciso indicar que antes de iniciar cualquier procedimiento de ensayo es de cumplimiento obligatorio el seguimiento de todas las indicaciones establecidas en la guía de seguridad elaborada al inicio de este manual con el objetivo de evitar posibles accidentes y garantizar la seguridad de los operarios.

Además, para evitar posibles errores y malas interpretaciones conviene realizar inicialmente una lectura superficial de todo el procedimiento antes de llevarlo a cabo de forma práctica. De este modo se evitarán problemas que puedan generar retrasos y dificultades en las operaciones de verificación.

Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo

Será necesario disponer de los siguientes instrumentos y productos en el laboratorio:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 300 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Llave para vasos, dinamométrica y vasos:** Se trata de una llave que con la que puede medirse el par de apriete aplicado a un tornillo/tuerca. También será necesario un juego de vasos con medidas que van desde los 19 mm a los 28 mm.
- **Dinamómetro:** Se empleará únicamente para comprobar la fuerza necesaria para accionar la palanca de mano situada en el dispositivo. Será suficiente que tenga un rango de medición de 300 N y una resolución mínima de 5 N.

- **Marco para ensayos diseñado (ENS-013).**
- **Soporte grande para marco de ensayos (ENS-010).**
- **Soporte grande para marco de ensayos (ENS-011).**
- **Útil “ENS-008”:** Se empleará para la realización de los ensayos dinámicos. Cuando esté colocado sobre la bola de remolque se colocara la tapa (incluida en los planos) mediante tornillos, cuya función es la de evitar posibles desplazamientos de la bola durante el procedimiento.
- **Kit de líquidos penetrantes:** Será necesario para comprobar la presencia de grietas tras la realización de los ensayos mecánicos de resistencia correspondientes. Deberá incluir el líquido colorante, el líquido revelador y las instrucciones de uso del fabricante.

Procedimientos de ensayo

Resumen de los procedimientos

Después de conocer las normas básicas de actuación para este tipo de procedimientos, y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar, el instrumental de medición adecuado y que los útiles y maquinaria se encuentran en buenas condiciones de uso, se procede en primer lugar a la identificación y limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Tras finalizar las tareas anteriores, se puede comenzar con los procedimientos de ensayo como tal, teniendo cuidado de conocer exactamente el dispositivo del que se trata para aplicar las cargas tabuladas aportadas por el fabricante correspondientes a la muestra , de modo que no tengan lugar posibles daños o riesgos de operación provocados por una mala interpretación.

Se realizará un ensayo dinámico con las ayuda del útil diseñado para tal fin, prestando atención a las diferentes morfologías de bola de remolque que pueden presentarse. En este ensayo se aplicarán una serie de cargas alternantes durante el número de ciclos indicado en el procedimiento, y la dirección de las cargas de ensayo dependerá de las cargas que pueda soportar el dispositivo durante su normal funcionamiento.

Será en este ensayo donde deberán ser colocadas las galgas extensiométricas y la comprobación de grietas mediante el método de líquidos penetrantes a menos que se observen grietas a simple vista.

También se realizará un ensayo estático únicamente en las bolas de remolque o soportes de tracción cuya fijación no sea realizada mediante tornillos o en bolas de remolque desmontables según corresponda.

Todos los procedimientos deberán haber sido superados satisfactoriamente.

Ensayo dinámico

Consideraciones previas

Consiste en un ensayo dinámico de resistencia mediante la aplicación de cargas cíclicas. La muestra a ensayar deberá incluir todos los elementos necesarios para su instalación, que para este tipo de dispositivos serán la bola de remolque, el soporte de tracción y el cuello de la bola. Si están equipados con dispositivos adicionales que puedan comprometer su resistencia mecánica, estos también deben ser incorporados a la muestra.

La posición de la bola y la localización de los puntos de anclaje en relación con la línea de referencia deberá ser la indicada por el fabricante del vehículo para el cual va a ser homologado el dispositivo. De este modo, será el fabricante quien deba indicar las posiciones relativas de la bola

Para su instalación en la máquina de ensayos se seguirán las instrucciones aportadas por el fabricante de la muestra.

A continuación se muestra el procedimiento a seguir, en el que también se matizarán y explicarán detalladamente algunos aspectos dependiendo del tipo de dispositivo del que se trate.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, se procederá a la limpieza superficial del acoplamiento con un paño seco con el objetivo de conseguir una superficie limpia que facilite la ejecución del procedimiento.

Posteriormente, se instalará el dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante, teniendo especial cuidado con el par de apriete empleado para los tornillos de las fijaciones. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados.

Una vez instalada la muestra, se procederá a la conexión entre el útil específico diseñado para este ensayo y el actuador que aplicará la fuerza alternante. Dicho actuador deberá ir provisto de una célula de carga que permita controlar los valores de cargas que son aplicadas sobre el dispositivo. Dependiendo de la dirección de aplicación de las fuerzas, el útil de acoplamiento podrá ser instalado hacia arriba o hacia abajo.

Habiendo realizado estos pasos y garantizando que todo se encuentra en orden, a continuación se explican cuáles son las cargas y las líneas de actuación de las fuerzas de ensayo de acuerdo al tipo de dispositivo y a las posiciones relativas entre estos y sus fijaciones al vehículo (en este caso la máquina de ensayos).

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Como se indicó anteriormente, se aplicaran cargas alternantes sobre la cabeza de acoplamiento, las cuales deben tener las siguientes características:

Las frecuencias de aplicación de ambas cargas deberán ser lo más parecidas posible entre las direcciones vertical y horizontal, admitiéndose un margen de error máximo de variación de un 3%, y dicha frecuencia no debe superar los 35 Hz y no debe encontrarse en el rango de frecuencias de resonancia de la maquinaria empleada. Se recomienda emplear valores alejados de 35 Hz debido la posibilidad de que aparezca el fenómeno de resonancia al ser cercano a ese valor uno de los modos de vibración del marco de ensayos.

En número de ciclos de fuerza a emplear para este tipo de dispositivos es de 2×10^6 a menos que el fabricante pueda indicar otra cantidad, pero nunca inferior a esta cuando se trate de acoplamientos de quinta rueda de material distinto al acero. Por ejemplo, si se tratara de aluminio el número de ciclos no debería ser inferior a 10^7 .

Deberá verificarse que todos los anclajes entre la máquina de ensayos y el dispositivo están correctamente realizados, y entonces, con las medidas de seguridad indicadas en la guía que se encuentra al inicio de este manual y tomando adicionalmente las precauciones que se consideren oportunas.

Como se ha indicado previamente de forma breve anteriormente, la posiciones de ensayo estarán determinadas por el fabricante del vehículo en el que la muestra será ensayada.

Aun así, se establecen unos ángulos de aplicación de las cargas de carácter básico que dependerán de las posiciones relativas entre los puntos de anclaje al vehículo y la posición de la bola.

De este modo, la dirección de aplicación de las cargas dependerá de si la línea de referencia horizontal que pasa por el centro de la bola, está por encima o por debajo de la línea horizontal que pasa por los puntos de fijación del acoplamiento más altos (respecto al plano horizontal que pasa por el centro de la bola) o más cercanos (respecto al plano vertical que pasa por el centro de la bola).

Esto puede ser comprobado con la ayuda de una cinta métrica sin necesidad de establecer una resolución mínima, pues solo se trata de comparar varias medidas sin necesidad de saber el valor exacto de cada una.

Aunque el valor del ángulo puede cambiar dependiendo de la carga vertical máxima de la muestra (parámetro “S”), a continuación se indican detalladamente y acompañados de ilustraciones los posibles casos que pueden darse:

- La carga vertical estática autorizada **no supera** el valor $S = 120 \times D$ [N]
 - Si el punto de fijación se encuentra por encima de la línea de referencia horizontal, el ensayo será realizado con un ángulo de $+15^\circ \pm 1^\circ$.
 - Si el punto de fijación se encuentra por debajo de la línea de referencia horizontal, el ensayo será realizado con un ángulo de $-15^\circ \pm 1^\circ$.

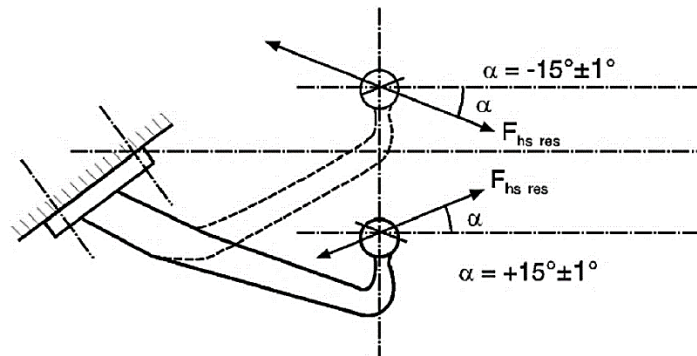


Ilustración 32: Ángulos de aplicación de la carga para $S \leq 120 \times D$

- La carga vertical estática autorizada **supera** el valor $S = 120 \times D$ [N]
 - Si el punto de fijación se encuentra por encima de la línea de referencia horizontal, el ensayo será realizado con un ángulo de $+20^\circ \pm 1^\circ$.
 - Si el punto de fijación se encuentra por debajo de la línea de referencia horizontal, el ensayo será realizado con un ángulo de $-20^\circ \pm 1^\circ$.

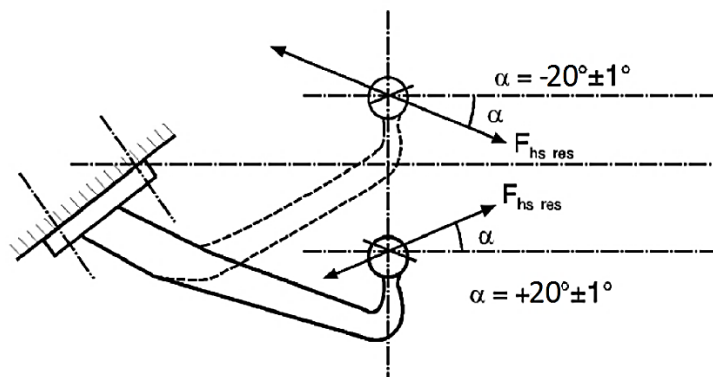


Ilustración 33: Ángulos de aplicación de la carga para $S > 120 \times D$

El valor de la fuerza alternante aplicada en las direcciones que se indican es:

$$F_{hs \text{ resistente}} = \pm 0.6 \times D$$

Aunque este procedimiento es aplicable a todos los tipos de dispositivo mencionados, es necesario aclarar algunos aspectos según el subtipo de dispositivo del que se trate de acuerdo a las indicaciones que se establecen a continuación.

- **Bolas de acoplamiento de una pieza o con bolas desmontables no intercambiables**

Para este tipo de dispositivos, los correspondientes a los subtipos a) y b) de la Tabla 40, no es necesario realizar algún tipo de indicación adicional, es decir, se sigue el procedimiento y la aplicación de las cargas descritas hasta ahora.

- **Bolas de acoplamiento con elementos desmontables**

Estos dispositivos son los correspondientes a los subtipos c), d), e), y f) de la Tabla 40 y para algunos de estos es preciso explicar algún procedimiento adicional.

En este caso, será necesario anotar las dimensiones “e” y “f”, las cuales deberán haber sido especificadas por el fabricante, pero el procedimiento empleado será el mismo que para las bolas de acoplamiento de una pieza o bolas desmontables no intercambiables salvo para el caso de los soportes de tracción (subtipo f) de la Tabla 40.

Para esos caso, el ensayo deberá ser realizado sobre el dispositivo teniendo este una bola instalada. No obstante, solo se tendrán en cuenta los efectos que la aplicación de la fuerza haya tenido sobre el soporte de tracción, no sobre la bola.

- **Dispositivos de acoplamiento con dimensiones variables para bolas de acoplamiento intercambiables**

A diferencia de los dispositivos del apartado anterior, en este caso los parámetros “e” y “f” del dispositivo de acoplamiento son variables. Aun así, seguirán los requisitos del procedimiento de ensayo convencional pero también deben cumplir unos requisitos adicionales establecidos.

Debido a que la modificación de estos parámetros puede afectar a la resistencia mecánica del dispositivo, es importante saber identificar cuáles pueden ser las posiciones más desfavorables de funcionamiento para que estas puedan ser ensayadas.

Si se llega a un acuerdo entre el fabricante y el organismo encargado de ensayar las muestras, solo será necesario realizar un único ensayo adoptando la posición más desfavorable. De no lograr alcanzar esta situación debe seguirse el siguiente procedimiento:

- Se adoptarán para el parámetro “ f ” un valor definido de “ f_{\min} ” y de “ f_{\max} ” inferior a los 100 mm.
- Para el parámetro “ e ” se establecerá un valor “ e_{\max} ” de 130 mm.
- Para la posición de la bola con el parámetro “ e ” fijado, se ensayarán dos dispositivos: Uno con “ f_{\min} ” y otro con “ f_{\max} ”, de modo que la bola sea ensayada en la parte más alta y en la parte más baja.
- Al igual que sucede con los dispositivos convencionales, el ángulo de aplicación de la fuerza puede cambiar dependiendo de la situación en la que se encuentren las líneas de referencia horizontal del centro de la bola y la línea de referencia horizontal de los puntos de anclaje más elevados y de la línea de referencia vertical de los puntos de anclaje más cercanos. Para más aclaración ver el procedimiento general de ensayo dinámico.
- Las direcciones orientativas se muestran en la siguiente figura (los ángulos exactos se encuentran en el procedimiento general de ensayo dinámico):

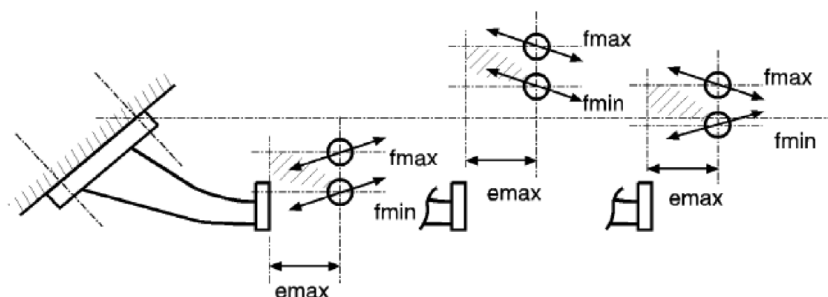


Ilustración 34: Ángulos y posiciones de aplicación de cargas para ensayo dinámico

Determinado y establecido el tipo de dispositivo del que se trate, tan solo es necesario establecer los parámetros de carga que se indican en la máquina de ensayos y con las medidas de seguridad indicadas, proceder al inicio de este.

Terminada la ejecución del número de ciclos de aplicación de la carga y verificando que la máquina de ensayos está parada por completo, se comprobará que ninguna de las piezas del acoplamiento presenta fracturas o grietas.

Debido a la dificultad que puede existir a la hora de evaluar la presencia de grietas, se empleará el método de líquidos penetrantes empleado también en otros ensayos como, por ejemplo, en el ensayo estático de flexión. Para ello deberá emplearse el kit mencionado al inicio de este apartado y seguir adecuadamente las instrucciones suministradas por el fabricante del producto.

Ensayo estático

Consideraciones previas

Este tipo de ensayo solo es realizado en dispositivos cuya bola es desmontable y su fijación es realizada mediante un mecanismo diferente al empleo de tornillos.

De esta forma, el conjunto será sometido a una fuerza de carácter estático quedando bajo la aplicación de esta fuerza tanto la bola como el enganche mecánico.

A continuación se muestra el procedimiento a seguir para este tipo de dispositivos.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, se procederá a la limpieza superficial del acoplamiento con un paño seco con el objetivo de conseguir una superficie limpia que facilite la ejecución del procedimiento.

Posteriormente, se instalará el dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante, teniendo especial cuidado con el par de apriete empleado para los tornillos de las fijaciones. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados.

Una vez instalada la muestra, se procederá a la conexión entre la cabeza de acoplamiento (dispositivo de clase B) que se empleará para el ensayo y el actuador que aplicará la fuerza estática.

Como puede observarse, los pasos previos a la aplicación de las cargas son los mismos que tienen lugar en el ensayo dinámico, solo que las fuerzas aplicadas y su naturaleza cambian. Esto se explica a continuación de forma detallada.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Dependiendo de la disposición y de la fijación de la bola en el enganche mecánico pueden darse principalmente 2 casos:

- Retención vertical de la bola en el enganche mecánico
Se aplicará una fuerza vertical de carácter ascendente cuyo valor sea $F=D$.
- Retención horizontal transversal en el enganche mecánico
Se aplicará una fuerza en la dirección transversal a la marcha del vehículo con un valor de $F= 0,5 D$.

Para ambos casos el parámetro “D” puede ser obtenido de las tablas que se incluyen al inicio del apartado de ensayos. No obstante, dicho parámetro también debe ser aportado por el fabricante de la muestras.

Puesto que es necesario que la deformación permanente tras el ensayo estático sea inferior al 10 % de la máxima medida, se empleará un sistema de medición basado en galgas extensiométricas, cuyas características y modo de empleo se muestran en el apartado de “Galgas extensiométricas” del presente proyecto.

La fuerza deberá ser aplicada de forma lenta y progresiva hasta alcanzar su valor máximo. Una vez alcanzado dicho valor la aplicación de la carga ha de mantenerse durante 60 segundos.

Finalizado el tiempo del ensayo, la muestra no presentará de deformaciones ni daños en ninguno de los dispositivos implicados.

Barras de tracción

Estructura

- **Introducción y definición**
- **Aspectos metrológicos y visuales**
 - Instrumental, útiles necesarios y consideraciones previas
 - Procedimiento de verificación dimensional
 - Consideraciones previas
 - Funcionamiento del freno de inercia
 - Descripción del procedimiento para barras de tracción de clase E
- **Procedimientos de ensayos mecánicos**

Introducción y definición

Se consideran pertenecientes a este tipo de dispositivos aquellos clasificados dentro de la clase E. Este tipo de acoplamientos son empleados para permitir la unión entre el vehículo tractor y las cabezas de acoplamiento o anillos de remolque que pueden ir montados sobre el otro extremo.



Ilustración 35: Barra de tracción de clase F con freno de inercia y variador de altura

A diferencia de los brazos de tracción, la cabeza de acoplamiento o el anillo de remolque pueden ir soldados o fijados mediante pernos o tronillos. Aunque la fijación al vehículo, para este caso tampoco puede ser realizada mediante una unión soldada.

Aspectos metrológicos y visuales

Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones necesarias sobre este tipo de dispositivo, será necesario el siguiente instrumental:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 300 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Cinta métrica:** Aunque con una resolución inferior a la del calibre, permitirá medir un mayor rango de longitud. Será suficiente que tenga un rango de medición de 1 m y una resolución de 1 mm.

Como puede observarse, no es necesaria una gran cantidad de instrumentos de medida para este tipo de acoplamientos, ya que no quedan establecidos criterios dimensionales en cuanto a la geometría de la pieza, sino más bien relativos a posiciones y rangos de movimiento.

Procedimiento de verificación dimensional

Consideraciones previas

Los requisitos establecidos en este apartado son aplicables a todos los acoplamientos tipo gancho de la clase E.

La muestra a ensayar deberá ser suministrada con todos los elementos necesarios para su montaje, los cuales serán indicados en las instrucciones aportadas por el fabricante.

Previamente a la realización de las mediciones, se comprobará que la muestra no presenta defectos apreciables a simple vista y se realizará una limpieza superficial con un paño seco con la finalidad de eliminar posibles restos de grasa, suciedad, etc.

Se tendrá especial cuidado en comprobar que todas las mediciones se encuentran dentro de los valores establecidos por las tolerancias de los valores nominales.

Como se comentó previamente, para este tipo de acoplamiento se establecen principalmente requisitos dimensionales relacionados con movimientos posiciones concretas y movimientos relativos de las partes del acoplamiento.

Habiendo realizado previamente las diferentes aclaraciones, a continuación se muestra de forma sencilla el procedimiento a seguir para la verificación dimensional de la muestra.

Funcionamiento del freno de inercia

El sistema de frenado de inercia es un elemento de seguridad que ayuda al frenado del conjunto vehículo tractor- remolque mediante el frenado de este último aprovechando su propia inercia en movimiento.

Esto se debe a que las barras de tracción dotadas con este sistema llevan incorporado un vástago móvil que acciona un mecanismo de frenado cuando el remolque es el que está instalado se “lanza” sobre el vehículo tractor cuanto este frena. Es la ilustración siguiente puede verse con mayor claridad el funcionamiento de este elemento de seguridad.

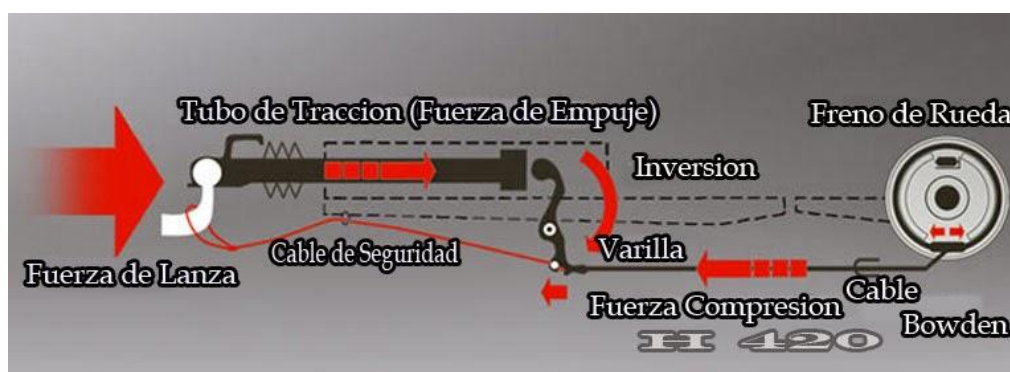


Ilustración 36: Funcionamiento de freno de inercia

Cuando el conjunto de vehículo tractor-remolque se desplaza a una velocidad constante o con una aceleración positiva (favorable al movimiento) el sistema no actúa y todo permanece tal y como está.

No obstante, al encontrarse en esta situación, cuando el vehículo tractor frena, al encontrarse el remolque previamente en un movimiento uniforme, este se precipita sobre el vehículo tractor, lo que provoca el desplazamiento del vástago móvil logrando al mismo tiempo el accionamiento de los frenos instalado en el remolque.

A pesar de que se trata de un sistema de seguridad muy útil y de gran ayuda en la seguridad durante la conducción, no todas las barras de tracción llevan incorporado este sistema.

Normalmente, este tipo de sistema no se encuentra instalado en remolques con baja capacidad de carga y de pequeño tamaño. De esta forma, los requisitos relacionados con el sistema de frenado de inercia solo son aplicables a las barras de tracción que llevan incorporado este sistema.

Para garantizar que el accionamiento del sistema de inercia funcione correctamente, es necesario comprobar que pueden ser realizados sin problema una serie de rangos de movimiento y distancias mínimas entre los elementos que lo componen.

Descripción del procedimiento para barras de tracción de clase E

En primer lugar, serán aplicadas las instrucciones establecidas en la guía de seguridad que se encuentra al inicio de este manual para evitar posibles accidentes y daños y garantizar la seguridad del procedimiento.

En este caso, para la verificación de las dimensiones del acoplamiento solo es necesario emplear el calibre y la cinta métrica, mediante los cuales deberán poderse realizar sin problemas todas las comprobaciones.

En primer lugar, este tipo de dispositivos de acoplamientos suelen llevar incorporado un mecanismo que permite variar la altura de este respecto al suelo para facilitar la tarea del acoplamiento entre los diferentes dispositivos instalados sobre el vehículo tractor y sobre la barra de tracción.



Ilustración 37: Sistema de variación de altura para barra de remolque

Este es el caso de las barras de tracción articuladas, y el diseño del sistema de variación de la altura está pensado para que una persona lo pueda manipular con facilidad y sin necesidad de herramientas. En este caso, dicha tarea es realizada mediante una pequeña manivela.

Debido a las múltiples posiciones en las que se puede encontrar el acoplamiento, es necesario que el mecanismo de variación de la altura permita un rango mínimo de posiciones. Dicho rango está comprendido entre 300 mm por encima y por debajo de la horizontal del acoplamiento. Dicha variabilidad de posiciones debe ser comprobada con la cinta métrica indicada.

Adicionalmente a lo comentado en el párrafo anterior dicha modificación de altura deberá poder realizarse de manera discontinuada, o de forma escalonada a intervalos con una distancia máxima de 50 mm entre ellos, aspecto que deberá ser comprobado con el calibre.

Cuando esté acoplado, el dispositivo de ajuste de altura no obstaculizará el correcto funcionamiento del conjunto y de sus sistemas de seguridad, como es el caso del freno de inercia. Su funcionamiento se explica en el apartado anterior.

Para aquellas barras de tracción que lleven incorporado el freno de inercia, uno de los requisitos es la existencia de una distancia de 200 mm entre el centro del anillo de remolque o la cabeza de acoplamiento instalada y el extremo del vástago móvil desplazable cuando el freno de inercia esté accionado. Y como requisito adicional, cuando el vástago esté introducido por completo, la distancia no será inferior a 150 mm.

Todas las medidas anteriormente indicadas deberán ser realizadas con el calibre preferentemente o en su defecto con la cinta métrica, teniendo en cuenta cual se adapta más fácilmente a la geometría del acoplamiento, ya que ambos instrumentos de medición satisfacen las tolerancias mínimas requeridas.

Deberá completarse la tabla de verificación que se encuentra en el apartado correspondiente de los anexos, y según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

Dependiendo de si la muestra a analizar lleva incorporado sistema de frenado de inercia deberá cumplir todos o solo alguno de los requisitos que se mencionan en la tabla anterior.

Aspectos relevantes de importancia

Solo es preciso añadir unas breves indicaciones relativas a los remolques sobre los que se encuentran instaladas dichas barras:

- Cuando la masa sobre el anillo de remolque u otro dispositivo instalado sobre las barras de tracción sea superior a 50 Kg en estado de carga máxima, esta deberá llevar instalada de forma obligatoria un sistema de variación de altura.

- Si la barra de tracción está instalada sobre un remolque de eje central con una masa máxima superior a 3,5 toneladas y varios ejes, debido a la importancia de la distribución de cargas durante su uso en movimiento, dichos remolque deben ir provistos de un sistema de reparto de pesos entre los diferentes ejes.
- La instalación de los diferentes enganches que pueden ir montados deberá haber sido realizada de tal forma que cuando los dispositivos de acoplamiento implicados no se encuentren acoplados, aquel que esté instalado en el remolque se encuentre a una altura mínima del suelo de 200 mm.

Siempre y cuando tenga lugar alguno de estos casos presentados, deberá comprobarse que se cumplen los requisitos establecidos, tanto si se trata de aspectos dimensionales como visuales, empleando cuando sea necesario el instrumental indicado al inicio de este capítulo, como puede ser el caso de una cinta métrica.

Procedimientos de ensayos mecánicos

Para evitar repetir indicaciones innecesarias, basta con indicar que los procedimientos de ensayo empleados para garantizar la seguridad en utilización de este tipo de dispositivos son los mismos que para los ganchos de remolque de la clase C y clase F, por lo que solo es necesario consultar el capítulo presente en este proyecto correspondiente a los dispositivos de acoplamiento mencionados.

Puesto que se trata de acoplamiento que puede tener una gran diversidad de formas, el fabricante deberá aportar todos los medios necesarios para que estos dispositivos puedan ser correctamente fijados a la instalación de pruebas.

A pesar de lo mencionado, conviene realizar unas breves aclaraciones de acuerdo a los ensayos sobre este tipo de dispositivos de acoplamiento:

- En los ensayos, la fuerza aplicada será en dirección vertical y de carácter pulsátil, y su valor será calculado mediante la siguiente expresión:

$$F_{sp} = (g \times S/1000) + V$$

- Cuando se trate de remolque con una masa total C superior a las 3,5 toneladas que tienen en consideración cargas horizontales, cuando se trate de barras curvadas y para remolques completos, las fuerzas horizontales pulsátiles serán calculadas de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\circ F_{hp} = 1 \times D$$

Cabezas de acoplamiento

Estructura

- **Introducción y definición**
- **Aspectos metrológicos y visuales**
 - Instrumental, útiles necesarios y consideraciones previas
 - Procedimiento de verificación dimensional
 - Consideraciones previas
 - Resumen del procedimiento
 - Descripción del procedimiento
- **Procedimientos de ensayos mecánicos**
 - Instrumental, útiles necesarios y consideraciones previas
 - Procedimientos de ensayo
 - Resumen de los procedimientos
 - Ensayo dinámico
 - Consideraciones previas
 - Descripción del procedimiento
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas
 - Ensayo estático (ensayo de elevación)
 - Consideraciones previas
 - Descripción del procedimiento
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Introducción y definición

Pertenecen a este tipo de acoplamientos los clasificados dentro de la Clase B50.

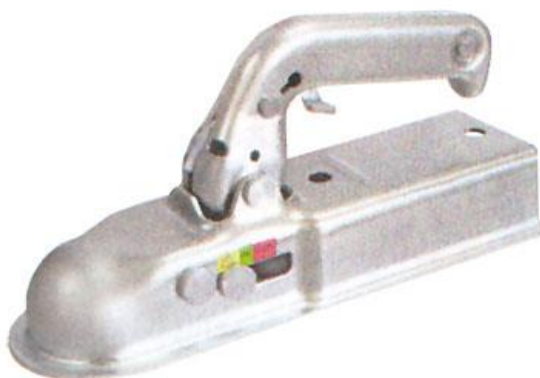


Ilustración 38: Cabeza de acoplamiento de clase B

El diseño de las cabezas de acoplamiento de la clase B 50 debe ser compatible con las bolas de remolque presentadas en el apartado correspondiente. Además, deben ser capaces de soportar las cargas y esfuerzos a los que están sometidas de forma que se garantice la integridad de la conexión entre la bola y la cabeza de acoplamiento.

Antes de comenzar con cualquiera de los pasos o procedimientos que se describen a continuación es obligatorio realizar la lectura de la guía de seguridad y seguir las indicaciones que se indican en esta.

Aspectos metrológicos y visuales

Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones necesarias sobre este tipo de dispositivo, será necesario el siguiente instrumental:

- **Goniómetro:** Será imprescindible para la toma de medidas de ángulos entre planos y puntos de referencia. Será necesario que tenga un rango de medición de 180° y una resolución mínima de 1°.
- **Acoplamiento clase A:** No es un instrumento de medición en sí, pero será necesario para comprobar la amplitud de movimientos que puede realizar la cabeza de acoplamiento estando conectada.

Para estos dispositivos no es necesario indicar algún tipo de aclaración relativa al instrumental empleado en relación con los aspectos dimensionales.

Procedimiento de verificación dimensional

Consideraciones previas

Los requisitos establecidos en este apartado son aplicables a todos los acoplamientos tipo gancho de la Clase B.

La muestra a ensayar deberá ser suministrada con todos los elementos necesarios para su montaje, los cuales serán indicados en las instrucciones aportadas por el fabricante.

Previamente a la realización de las mediciones, se comprobará que la muestra no presenta defectos apreciables a simple vista y se realizará una limpieza superficial con un paño seco con la finalidad de eliminar posibles restos de grasa, suciedad, etc. Con esto conseguimos que las mediciones sean lo más exactas posible además de preservar el correcto cuidado del instrumental de medición.

No obstante, para este tipo de acoplamiento no se establece un procedimiento de verificación dimensional explícito, simplemente se trata de comprobar que es compatible con una bola de remolque de clase A50 normalizada. Para verificar esto, solo se llevara a cabo la posibilidad de realizar una serie de rangos de movimiento y giros que se encuentran en los siguientes apartados.

Resumen del procedimiento

Tras tener el conocimiento de las normas de seguridad básicas y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar y el instrumental de medición adecuado, se procede en primer lugar a la limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Seguidamente, con el instrumental de medición que se indique o más apropiado para el tipo de medida correspondiente, se realizarán las verificaciones de las diferentes dimensiones, ángulos o rangos de movimiento según corresponda, presentes en las tablas de verificación.

Para este tipo de dispositivo no se establecen criterios dimensionales más allá de ser compatible con las bolas de remolque de clase A. Esto es debido que existe una gran variedad de soportes sobre los que ir montados, por lo que para una misma carga, puede haber distintos tipos de forma modos de instalación.

Por ello es necesaria la comprobación de una serie de rangos de movimiento encontrándose acoplado este dispositivo con una bola de remolque, por lo que solo se empleará el goniómetro y una bola de remolque para ello.

En las tablas se anotarán las medidas obtenidas, y tras ser contrastadas con las medidas de referencia que se indiquen, se señalará la casilla de “válido” o “no válido” según corresponda.

El procedimiento se calificará como superado cuando todas las casillas de la tabla o tablas establecidas están marcadas como “válidas”.

Descripción del procedimiento

Para este tipo de dispositivos no quedan establecidos criterios dimensionales más allá de la compatibilidad con los dispositivos de Clase A. No obstante será necesario verificar una serie de rangos de movimiento del conjunto.

Para medir todos estos rangos y amplitudes de movimiento se empleará el goniómetro y las referencias necesarias que puedan ser tomadas en los dispositivos acoplados.

Las mediadas de los ángulos deberán realizarse en el orden en el que aparecen en las tablas siempre que sea posible para evitar errores y posibles fallos.

Puesto que en alguna ocasión será necesaria la medición de giros realizados de forma simultanea sobre varios ejes de rotación, podrá emplearse algún tipo de marcador o similar que permita referenciar alguna posición concreta y que facilite el proceso.

Todos los rangos de movimiento que debe cumplir el acoplamiento deberán ser medidos con el dispositivo acoplado pero sin estar instalado en el vehículo.

Antes de iniciar la introducción de las medidas realizadas, se muestran una serie de ilustraciones que facilitarán la identificación de los ángulos a medir que a pesar de estar únicamente representados solo tres de ellos sirven para identificar el resto de giros que se requiere realizar:

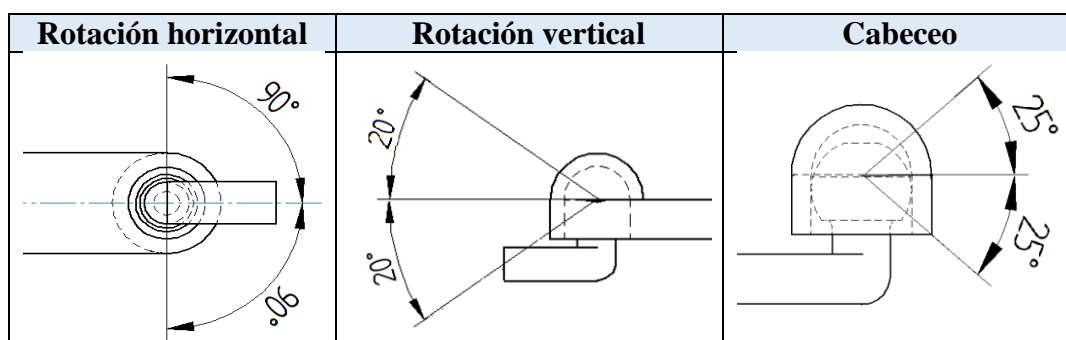


Ilustración 39: Ejemplificación de los movimientos relativos a realizar con cabezas de acoplamiento de clase B

Deberán completarse las tablas de verificación presentes en los anexos, y según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

En primer lugar se realizarán las comprobaciones correspondientes a giros simples y sencillos, y terminadas estas, se puede pasar a realizar las medidas de ángulos compuestos.

Unas vez que has sido comprobados los giros y rangos de movimiento y que estos se encuentran dentro de los valores indicados puede darse por finalizado de forma satisfactoria este procedimiento.

Procedimientos de ensayos mecánicos

Sobre este tipo de acoplamientos se realizará un ensayo dinámico con cargas alternantes y un ensayo estático de elevación sobre la misma muestra.

Es preciso indicar que antes de iniciar cualquier procedimiento de ensayo es de cumplimiento obligatorio el seguimiento de todas las indicaciones establecidas en la guía de seguridad elaborada al inicio de este manual con el objetivo de evitar posibles accidentes y garantizar la seguridad de los operarios.

Además, para evitar posibles errores y malas interpretaciones conviene realizar inicialmente una lectura superficial de todo el procedimiento antes de llevarlo a cabo de forma práctica. De este modo se evitarán problemas que puedan generar retrasos y dificultades en las operaciones de verificación.

Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones necesarias sobre este tipo de dispositivo, serán empleados una serie de instrumentos que permitirán completar el procedimiento con éxito. Estos se indican a continuación:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 200 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Goniómetro o escuadra:** puesto que en este caso solo será necesario comprobar la perpendicularidad entre las zonas de aplicación de la carga y los actuadores de la máquina de ensayos.
- **Llave para vasos, llave dinamométrica y vasos:** Se trata de una llave que con la que puede medirse el par de apriete aplicado a un tornillo/tuerca. También será necesario un juego de vasos con medidas que van desde los 19 mm a los 28 mm. Los vasos serán compatibles con la llave empleada, siendo las medidas del cuadradillo del vaso de un 1/4", siendo esta una medida normalizada que permite mayores pares de apriete, pero el resto también son válidos.
- **Máquina de ensayos diseñado (ENS-013)**
- **Bola de remolque de clase A**
- **Útil de acoplamiento para pistón (ENS-009)**
- **Kit de líquidos penetrantes:** Será necesario para comprobar la presencia de grietas tras la realización de los ensayos mecánicos de resistencia correspondientes. Deberá incluir el líquido colorante, el líquido revelador y las instrucciones de uso del fabricante.

Es necesario mencionar, que al tratarse de un tipo de acoplamiento para el cual no quedan establecidas unas dimensiones para los orificios de fijación del dispositivo, deberá ser el fabricante quien aporte todas las medias necesarias para poder fijar el dispositivo a la mesa de ensayos para poder realizar las pruebas necesarias correctamente.

Procedimientos de ensayo

Resumen de los procedimientos

Después de conocer las normas básicas de actuación para este tipo de procedimientos, y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar, el instrumental de medición adecuado y que los útiles y maquinaria se encuentran en buenas condiciones de uso, se procede en primer lugar a la identificación y limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Tras finalizar las tareas anteriores, se puede comenzar con los procedimientos de ensayo como tal, teniendo cuidado de conocer exactamente el dispositivo del que se trata para aplicar las cargas tabuladas aportadas por el fabricante correspondientes a la muestra , de modo que no tengan lugar posibles daños o riesgos de operación provocados por una mala interpretación.

Se realizará un ensayo dinámico con la ayuda de una bola de remolque, mediante la cual se aplicará un determinado número de ciclos de manera alternante, y la dirección de las cargas de ensayo dependerá de las cargas que pueda soportar el dispositivo durante su normal funcionamiento.

Será en este ensayo donde deberán ser colocadas las galgas extensiométricas y la comprobación de grietas mediante el método de líquidos penetrantes a menos que se observen grietas a simple vista.

También se realizará un ensayo estático con una de remolque modificada (con un diámetro de esfera menor para simular el desgaste) con la finalidad de comprobar que la cabeza de acoplamiento es capaz de retener la bola ante la aplicación de una fuerza que trata de extraerla de su acoplamiento.

Todos los procedimientos deberán haber sido superados satisfactoriamente.

Ensayo dinámico

Consideraciones previas

El ensayo dinámico se llevara a cabo con la ayuda de una bola de acoplamiento de clase A que se encontrara instalada en el actuador de la máquina de ensayos. Se aplicarán una serie de cargar alternantes

En ese caso, el acoplamiento deberá estar instalado como lo estaría en el vehículo y con todas las piezas necesarias para la instalación incluidas. Durante el montaje se seguirán las instrucciones del fabricante prestando especial atención a los pares de apriete de las fijaciones.

A continuación se describe el proceso completo del ensayo dinámico indicando también las cargas aplicadas y las particularidades de estas.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, como sucede igual que en el resto de procedimientos, se procederá a la limpieza superficial del acoplamiento con un paño seco con el objetivo de conseguir una superficie limpia que facilite la ejecución del procedimiento.

Una vez hecho esto, puede procederse a la instalación del dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones suministradas por el fabricante, prestando especial atención en el par de apriete necesario para los tornillos de fijación del dispositivo. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados.

Fijada la muestra de forma correcta, debe realizarse la fijación entre el actuador de la máquina de ensayos y la bola de remolque de clase A que se empleará para realizarlo. Debido a su mayor robustez, se ha empleado una bola de remolque de clase A50-4. El actuador también llevara incorporada una célula de carga que permita controlar la carga aplicada

Con todo lo anterior solo es necesario realizar el acoplamiento entre la muestra a ensayar y el acoplamiento de clase A instalado en el actuador. Debe comprobarse que la conexión entre ambos es correcta y el dispositivo de bloqueo se encuentra activado.

Antes de proceder a la aplicación de las cargas y la programación de la máquina, en el siguiente apartado se establecen cuales deben las cargas y los parámetros asociados a estas.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Como se indicó anteriormente, se aplicaran cargas alternantes sobre el la cabeza de acoplamiento, las cuales deben tener las siguientes características:

Las frecuencias de aplicación de las cargas deberán ser lo más parecidas posible entre las direcciones vertical y horizontal, admitiéndose un margen de error máximo de variación de un 3%, y dicha frecuencia no debe superar los 35 Hz y no debe encontrarse en el rango de frecuencias de resonancia de la maquinaria empleada. Se recomienda emplear valores alejados de 35 Hz debido la posibilidad de que aparezca el fenómeno de resonancia al ser cercano a ese valor uno de los modos de vibración del marco de ensayos.

El número de ciclos de fuerza a emplear para este tipo de dispositivos es de 2×10^6 a menos que el fabricante indique otra cantidad, pero nunca inferior a esta cuando se trate

de acoplamientos de quinta rueda de material distinto al acero. Por ejemplo, si se tratara de aluminio el número de ciclos no debería ser inferior a 10^7 .

Dicho todo esto, deberá verificarse que todos los anclajes entre la máquina de ensayos y el dispositivo están correctamente realizados, y entonces, con las medidas de seguridad indicadas en la guía que se encuentra al inicio de este manual y tomando adicionalmente las precauciones que se consideren oportunas.

En primer lugar, es necesario indicar el ángulo de aplicación de la carga, ya que puede variar según el tipo de acoplamiento a ensayar que se trate. Esto depende del valor del parámetro “S” que tenga el acoplamiento, es decir, la masa máxima vertical autorizada. Según esto pueden presentarse 2 casos diferentes:

- Acoplamientos con $S < 120 \times D$

El ángulo de aplicación de la carga será de 15° y se aplicará a lo largo de una línea que pase por el centro de la bola en dirección longitudinal como se muestra en la siguiente ilustración:

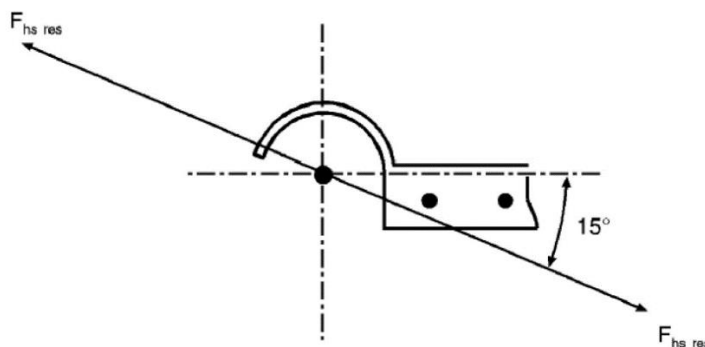


Ilustración 40: Ángulos de aplicación de cargas para acoplamientos con $S < 120 \times D$

- Acoplamientos con $S \geq 120 \times D$

El ángulo de aplicación de la carga será de 20° y se aplicará a lo largo de una línea que pase por el centro de la bola en dirección longitudinal como se muestra en la siguiente ilustración:

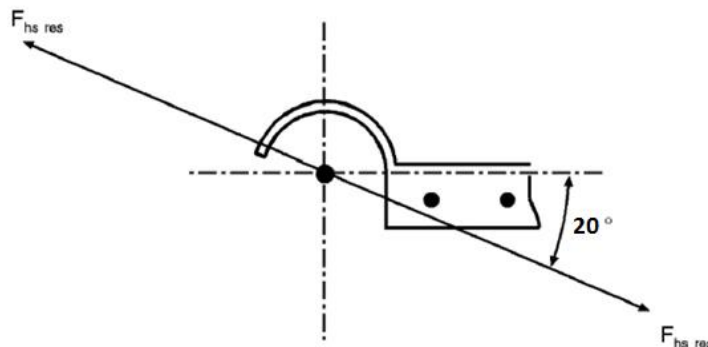


Ilustración 41: Ángulos de aplicación de cargas para acoplamientos con $S > 120 \times D$

Aclarado lo anterior, independientemente del caso que se trate la fuerza resultante será de carácter horizontal y alternante. La expresión de dicha fuerza es la siguiente:

$$\blacksquare F_{hw \text{ res } w} = \pm 0,6 \times D$$

Estando el parámetro “D” expresado en kN.

Es preciso aclarar brevemente el significado del parámetro “D”, indicando que se trata del valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque, y que además será tomada como base para las cargas horizontales en los ensayos dinámicos.

Habiendo dejado indicado cuales son los parámetros de las cargas a aplicar solo es necesario introducir los parámetros en la máquina de ensayo y esperara a que termine el número de ciclos de aplicación de la carga.

Terminada la ejecución del número de ciclos de aplicación de la carga y verificando que la máquina de ensayos está parada por completo, se comprobará que ninguna de las piezas del acoplamiento presenta fracturas o grietas.

Debido a la dificultad que puede existir a la hora de evaluar la presencia de grietas, se empleara el método de líquidos penetrantes empleado también en otros ensayos como, por ejemplo, en el ensayo estático de flexión.

Para ello deberá emplearse el kit mencionado al inicio de este apartado y seguir adecuadamente las instrucciones suministradas por el fabricante del producto.

Una vez finalizado este procedimiento y habiendo comprobado que se cumplen todos los requisitos indicados de forma satisfactoria se puede dar por concluido de forma exitosa el proceso de verificación de este tipo de acoplamientos.

Ensayo estático (ensayo de elevación)

Consideraciones previas

Se realizará un ensayo estático de separación para comprobar el correcto funcionamiento de los dispositivos de bloqueo y verificar que no se produce un desacoplamiento durante el funcionamiento en servicio.

Este ensayo se realizara con la ayuda de una bola de remolque clase A ligeramente modificada, es decir, tendrá las mismas dimensiones salvo su diámetro es de 49 mm para tratar de representar el comportamiento de la cabeza de acoplamiento con una bola de remoque desgastada.

Dicha bola de remolque ha sido elaborada mediante el rectificado del diámetro de una bola de remolque normalizada de la clase A50-4.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, como sucede igual que en el resto de procedimientos, se procederá a la limpieza superficial del acoplamiento con un paño seco con el objetivo de conseguir una superficie limpia que facilite la ejecución del procedimiento.

Aunque para realizar el ensayo estático sobre una muestra debe haber sido realizado previamente el ensayo dinámico sobre esta, se explicará de forma completa el procedimiento a seguir por si debido a las circunstancias este ensayo se realizara en otro momento, otras instalaciones diferentes, etc.

Una vez hecho esto, puede procederse a la instalación del dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones suministradas por el fabricante, prestando especial atención en el par de apriete necesario para los tornillos de fijación del dispositivo. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados.

Fijada la muestra de forma correcta, debe realizarse la fijación entre el actuador de la máquina de ensayos y la bola de remolque de clase A que se empleará para realizarlo. Debido a su mayor robustez, se ha empleado una bola de remolque de clase A50-4. El actuador también llevara incorporada una célula de carga que permita controlar la carga aplicada

Con todo lo anterior solo es necesario realizar el acoplamiento entre la muestra a ensayar y el acoplamiento de clase A instalado en el actuador. Debe comprobarse que la conexión entre ambos es correcta y el dispositivo de bloqueo se encuentra activado.

Antes de proceder a la aplicación de las cargas y la programación de la máquina, en el siguiente apartado se establecen cuales deben las cargas y los parámetros asociados a estas.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

En ensayo consistirá en la aplicación de una fuerza F_a la cual será aplicada de forma perpendicular a los ejes transversal y longitudinal de la cabeza de acoplamiento, es decir, el actuador tratara de separar la cabeza de acoplamiento de la bola de remolque en la dirección en la que la conexión es más vulnerable.

La aplicación de la fuerza deberá ser realizada de forma lenta y progresiva hasta alcanzar el valor correspondiente a la siguiente expresión:

$$F_a = g (C + S/1000) \text{ kN}$$

- S es la masa vertical estática sobre el acoplamiento en Kg.
- C es la masa del remolque de eje central empleado en toneladas.

Puesto que es necesario que la deformación permanente tras el ensayo estático sea inferior al 10 % de la máxima medida, se empleara un sistema de medición basado en galgas extensiométricas, cuyas características y modo de empleo se muestran en el apartado de “Galgas extensiométricas” del presente proyecto.

El sistema se basa en calcular la deformación en 3 direcciones distintas para así establecer la deformación normal resultante. Si finalizado el procedimiento se cumple esto, puede darse por válido el ensayo.

A diferencia de otros ensayos estáticos en los que la carga debe mantenerse durante 60 segundos en su valor máximo, para este ensayo concreto la duración deberá de ser de 10 segundos.

Una vez explicados los parámetros de carga necesarios, solo es necesario introducirlos en la máquina de ensayos y esperar a que este finalice.

Habiendo finalizado el ensayo, la cabeza de acoplamiento no deberá haberse separado de la bola de remolque con la que se encontraba acoplada. Tampoco presentará deformaciones que pudieran impedir o afectar negativamente a su uso convencional.

Una vez finalizado este procedimiento y habiendo comprobado que se cumplen todos los requisitos indicados de forma satisfactoria se puede dar por concluido de forma exitosa el proceso de verificación de este tipo de acoplamientos.

Ganchos de remolque y brazos de tracción

Estructura

- **Introducción y definición**
- **Aspectos metrológicos y visuales**
 - Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional
 - Procedimiento de verificación dimensional
 - Consideraciones previas
 - Resumen del procedimiento
 - Descripción del procedimiento
 - Clasificación y aclaraciones sobre el dispositivo de mordaza
 - Comprobación ángulos de giro y rangos de movimiento
 - Accesibilidad, funcionamiento seguro y espacios libres
 - Ángulos de acoplamiento
 - Distancias mínimas y accesibilidad
 - Verificación de los mecanismos de seguridad y desacoplamiento involuntario impedido por bloqueo
- **Procedimientos de ensayos mecánicos**
 - Consideraciones y labores previas
 - Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo
 - Procedimiento de ensayo
 - Resumen de los procedimientos
 - Ensayo estático sobre palanca de mano (clase C)
 - Descripción del procedimiento para ganchos de remolque de la clase C
 - Requerimientos para mecanismo de mordaza
 - Descripción del procedimiento para brazos de tracción de la clase F
 - Ensayo dinámico
 - Consideraciones previas y aclaraciones
 - Descripción del procedimiento
 - Ganchos de remolque para brazos articulados (S=0)
 - Ganchos de remolque para remolques de eje central (S>0)
 - Remolques de eje central con una masa de hasta 3,5 toneladas
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas
 - Remolques de eje central con masa superior a las 3,5 toneladas
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas
 - Ensayo estático
 - Consideraciones previas y aclaraciones
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Introducción y definición

Se consideran pertenecientes a este tipo de dispositivos a aquellos clasificados dentro de la clase C y clase F. El dispositivo correspondiente a la clase C es un gancho de remolque con una carga admisible que depende del tipo, y que se encuentra montado sobre los brazos de tracción, pertenecientes a la clase F.



Ilustración 42: Gancho de remolque de clase C

Estos dispositivos de acoplamiento (los ganchos de remolque) estarán diseñados para su uso con ganchos de remolque D50 y no girarán axialmente puesto que los acoplamientos respectivos pueden girar entre sí.

No obstante, a diferencia de los anillos de remolque, los ganchos de remolque cuentan con un dispositivo auxiliar de seguridad que permite el guiado del anillo hasta el acoplamiento y evita la salida accidental de su emplazamiento. Dicho dispositivo se denomina mordaza.

Mientras, los brazos de tracción hacen la labor de transmitir las cargas de los ganchos de remolque a el chasis del vehículo tractor, de forma que éstas sean correctamente repartidas y el conjunto sea seguro.

- Mordaza

Se trata de un mecanismo que llevan incorporado los ganchos de remolque de la clase C50 diseñado de forma que guíe el anillo de remolque hasta el acoplamiento.

Dependiendo de la clase y la finalidad del gancho de remolque en el que se encuentren instaladas, pueden tener diversas formas, tamaños y requerimientos mecánicos.

Si la mordaza o alguno de sus soportes pueden girar en torno al eje vertical, se colocará automáticamente en la posición normal y, cuando esté abierto el pivote de acoplamiento, quedará sujeta en esta posición para guiar de forma satisfactoria el anillo de remolque durante el procedimiento de acoplamiento.

Aquellos modelos de mordaza que giren en torno al eje transversal horizontal solo estarán homologados y podrán estar empleados para cargas sustentadoras verticales (parámetro “S”) de hasta 50 Kg y un valor del parámetro “V” de hasta 5 kN. Si esto no se cumple, no puede decirse que el dispositivo haya superado el proceso de ensayo.

También puede darse el caso dispositivo de acoplamiento cuya mordaza o las piezas que la sujetan giren en torno a un eje longitudinal a la marcha de vehículo. En este caso la rotación tendrá un giro de cierre mínimo de 100 Nm.

Al igual que para el gancho de remolque en sí, también quedan establecido en este manual una serie de ensayos mecánicos que permitirán comprobar el funcionamiento adecuado de la mordaza.

Aspectos metrológicos y visuales

Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones necesarias sobre este tipo de dispositivo, será necesario el siguiente instrumental:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 300 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Goniómetro:** Será imprescindible para la medida de ángulos entre planos y puntos de referencia. Deberá tener un rango de medición mínimo de 180°, una resolución mínima de 0,5° y un tamaño suficientemente pequeño como para ser introducido en los lugares que corresponda.
- **Cinta métrica:** Aunque con una resolución inferior a la del calibre, permitirá medir un mayor rango de longitud. Será suficiente que tenga un rango de medición de 1 m y una resolución de 1 mm.

Se deberá por ello tener especial cuidado con las indicaciones de “longitud máxima” y “longitud mínima”.

Procedimiento de verificación dimensional

Consideraciones previas

Los requisitos establecidos en este apartado son aplicables a todos los acoplamientos tipo gancho de la clase C y al final del procedimiento serán brevemente indicados los requisitos relativos a los dispositivos de clase F que guardan relación con los anteriores.

La muestra a ensayar deberá ser suministrada con todos los elementos necesarios para su montaje, los cuales serán indicados en las instrucciones aportadas por el fabricante.

Previamente a la realización de las mediciones, se comprobará que la muestra no presenta defectos apreciables a simple vista y se realizará una limpieza superficial con un paño seco con la finalidad de eliminar posibles restos de grasa, suciedad, etc.

Se tendrá especial cuidado en comprobar que todas las mediciones se encuentran dentro de los valores establecidos por las tolerancias de los valores nominales.

Para ello, se dispone de unas tablas presentadas en los anexos en las que se indican las mediciones que es preciso realizar. Si éstas deberán ser rellenadas indicando la medida realizada y comprobando la validez de esta de acuerdo a las tolerancias permitidas.

Para este tipo de acoplamiento se establecen tanto requisitos dimensionales de los elementos que lo componen en sí como de los movimientos relativos que debe poder realizarse encontrándose acoplado con un anillo de remolque.

Habiendo realizado previamente las diferentes aclaraciones, a continuación se muestra de forma sencilla el procedimiento a seguir para la verificación dimensional de la muestra.

Resumen del procedimiento

Tras tener el conocimiento de las normas de seguridad básicas y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar y el instrumental de medición adecuado, se procede en primer lugar a la limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Seguidamente, se identificará el tipo de subclase a la que pertenece la muestra, y con el instrumental de medición que se indique o más apropiado para el tipo de medida correspondiente, se realizarán las verificaciones de las diferentes dimensiones, ángulos o rangos de movimiento según corresponda, presentes en las tablas de verificación.

También será necesario comprobar que las dimensiones de la mordaza del acoplamiento se corresponden con la capacidad de carga asociada al dispositivo a verificar, y en caso de no ser así, un tamaño distinto deberá estar justificado por razones técnicas o de espacio.

Adicionalmente, será necesario comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de bloqueo del acoplamiento, y los sistemas de indicación y control a distancia, si los hubiera, para los acoplamientos de la clase C50-X.

En tablas de verificación referenciadas previamente se anotarán las medidas obtenidas, y tras ser contrastadas con las medidas de referencia que se indiquen, se señalará la casilla de “válido” o “no válido” según corresponda.

El procedimiento se calificará como superado cuando todas las casillas de la tabla o tablas establecidas están marcadas como “válidas” a menos que se indiquen excepciones justificadas.

Descripción del procedimiento para gancho de remolque de clase C

En primer lugar, serán aplicadas las instrucciones establecidas en la guía de seguridad que se encuentra al inicio de este manual para evitar posibles accidentes y daños y garantizar la seguridad del procedimiento.

En este caso, para la verificación de las dimensiones del acoplamiento solo es necesario emplear el calibre, mediante el cual deberán poderse realizar sin problemas todas las comprobaciones.

Deberá identificarse correctamente el dispositivo del que se trata para identificarlo en la tabla y realizar de forma satisfactoria y sin errores el proceso de medición.

Adicionalmente a la tabla en la que se establecen los diferentes patrones de medida para cada dispositivo hay una tabla adicional en la que se indican una serie de dimensiones comunes a todos los ganchos de remolque normalizados.

No obstante, en la ilustración siguiente aparecen todas las mencionadas, y solo será necesario seguir el orden en el que aparecen reflejadas las dimensiones en las tablas para evitar olvidos y posibles errores de medida que comprometan el satisfactorio cumplimiento de este procedimiento. Dicho procedimiento es el mismo para todas las clases solo que pueden cambiar tanto las dimensiones a medir como su magnitud.

Dependiendo de la clase de la que se trate, deberá ser completada una u otra tabla. Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

Además de la tabla correspondiente a cada clase, también deberá ser completada la tabla común a todas las subclases.

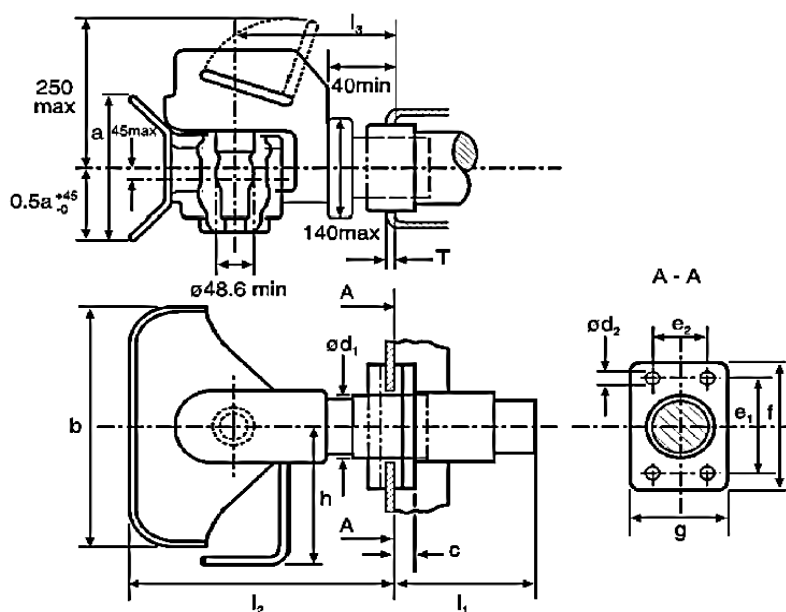


Ilustración 43: Dimensiones de gancho de remolque de clase C

Descripción del procedimiento para gancho de remolque de clase F

En primer lugar, serán aplicadas las instrucciones establecidas en la guía de seguridad que se encuentra al inicio de este manual para evitar posibles accidentes y daños y garantizar la seguridad del procedimiento.

En este caso, para la verificación de las dimensiones del acoplamiento solo es necesario emplear el calibre, mediante el cual deberán poderse realizar sin problemas todas las comprobaciones.

Deberá identificarse correctamente el dispositivo del que se trata para identificarlo en la tabla y realizar de forma satisfactoria y sin errores el proceso de medición.

Adicionalmente a la tabla en la que se establecen los diferentes patrones de medida para cada dispositivo hay una tabla adicional.

No obstante, en la ilustración siguiente aparecen todas las mencionadas, y solo será necesario seguir el orden en el que aparecen reflejadas las dimensiones en las tablas para evitar olvidos y posibles errores de medida que comprometan el satisfactorio cumplimiento de este procedimiento.

Como aclaración en el caso de que este procedimiento de verificación dimensional, es necesario decir que el método de sujeción entre los brazos de tracción y el vehículo tractor nunca puede ser realizado mediante soldadura.

De esta forma, dicha condición deberá cumplirse para que el acoplamiento cumpla con la normativa, pudiéndose emplear otros sistemas de fijación como tornillos o remaches.

La ilustración siguiente será de gran utilidad en la identificación de la dimensiones correspondientes a los brazos de tracción de clase K. Para este caso se trata simplemente de identificar el gancho de remolque para el que el dispositivo de clase K será compatible de acuerdo a sus dimensiones y geometría.

También se incluyen en los anexos las tablas que indican las dimensiones correspondientes a cada subclase. Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada, deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

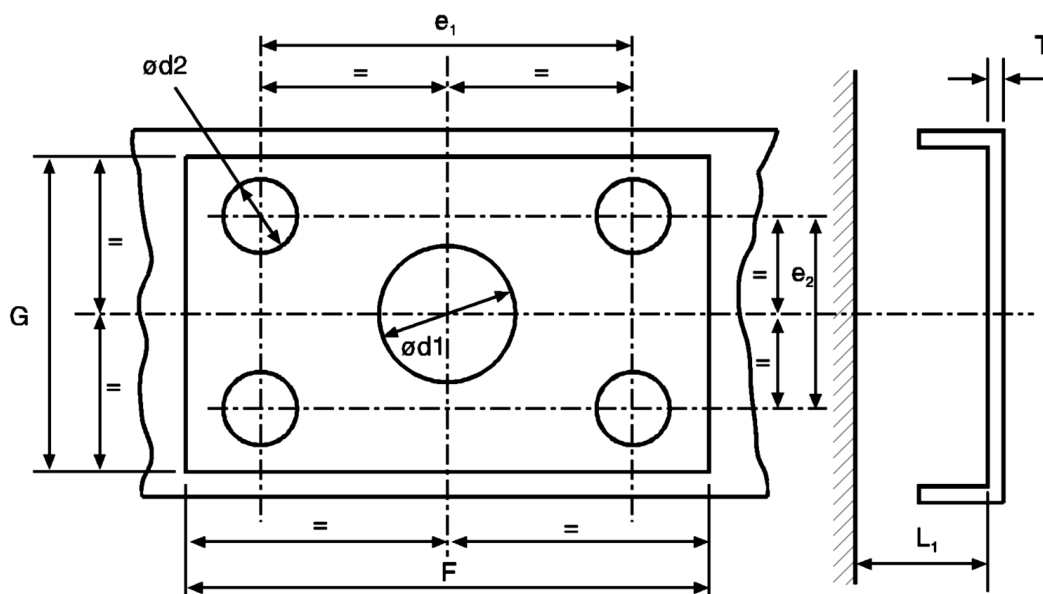


Ilustración 44: Dimensiones normalizadas para instalación de brazos de remolque de clase F

Clasificación y aclaraciones sobre el dispositivo de mordaza

Finalizada con éxito la verificación dimensional de la muestra del gancho de remolque, a continuación se explican brevemente las dimensiones que debe tener la mordaza del dispositivo en función del parámetro “D” del dispositivo. De este modo:

Valor “D”	Altura mínima (mm)	Anchura mínima (mm)
$D \leq 18 \text{ kN}$	100	150
$18 \text{ kN} < D \leq 25 \text{ kN}$	170	280
$D \geq 25 \text{ kN}$	200	360

Al igual que para el procedimiento anterior, solo es necesario emplear el calibre o la cinta métrica en caso de que el rango del calibre sea insuficiente, ya que no se establece un mínimo de tolerancia dimensional y una resolución de 1 mm será suficiente.

A pesar de lo indicado en la tabla anterior, estaría permitido el empleo de mordazas más pequeñas para los ganchos de remolque de la clase C50-X.

No obstante, esta excepción solo será válida cuando su empleo se reduzca a remolques de eje central con una masa máxima autorizada de 3,5 toneladas o que la utilización de la mordaza correspondiente de la tabla anterior no pueda ser empleada por cuestiones de espacio o cuestiones técnicas como:

- Empleo de ayudas visuales para garantizar la seguridad del acoplamiento automático.
- Campo de aplicación práctica del acoplamiento limitado de acuerdo a la información del fabricante.

Comprobación ángulos de giro y rangos de movimiento

Para este paso, solo será necesario emplear el goniómetro y tener en cuenta alguna referencia que permita realizar las mediciones con la mayor exactitud.

Todos los rangos de movimiento establecidos en las siguientes ilustraciones deberán ser verificados mediante la anotación de los valores obtenidos para dichos parámetros en las tablas de verificación disponible en los anexos, y posteriormente verificar que se corresponden con los requerimientos dimensionales de referencia.

En primer lugar, se establece una articulación mínima del anillo de remolque acoplado sin necesidad de estar instalado en el vehículo, la cual deberá de poder realizar una rotación horizontal de 90° a cada lado del eje longitudinal de vehículo. Esto puede verse en la siguiente ilustración:

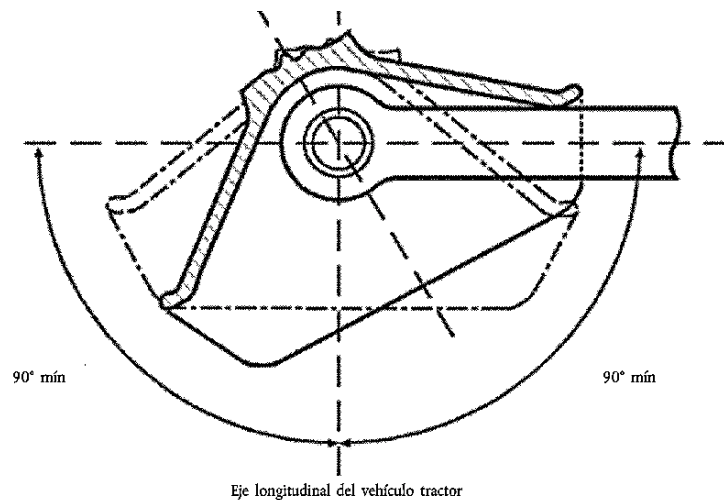


Ilustración 45: Rotación horizontal con anillo de remolque acoplado

A continuación, debe comprobarse también con el goniómetro que puede realizarse un giro de $\pm 20^\circ$ verticalmente en torno al eje transversal a partir del plano horizontal del vehículo como puede verse con claridad en la siguiente ilustración:

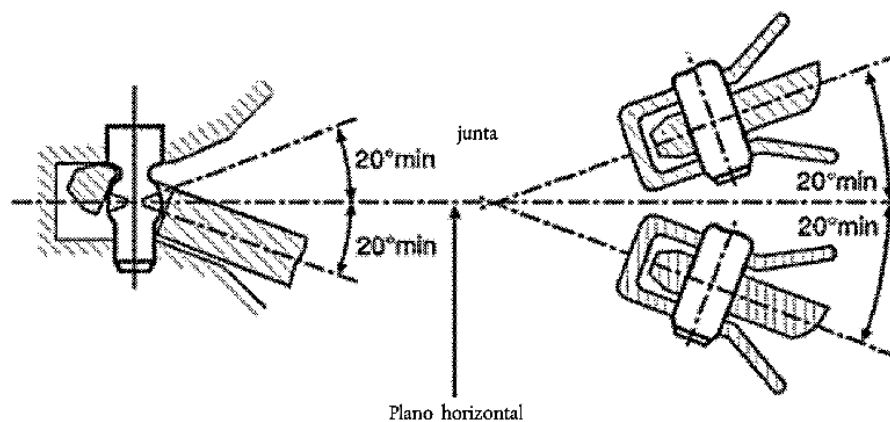


Ilustración 46: Rotación vertical del anillo de remolque acoplado

Comprobada la rotación vertical del anillo de remolque acoplado, únicamente queda por verificar la rotación axial del conjunto acoplado.

En este caso, es necesario que pueda realizarse una rotación axial mínima de 25° en torno al eje longitudinal del plano horizontal de vehículo, ángulo que de nuevo será verificado con la ayuda del goniómetro.

A continuación se presenta una ilustración aclaratoria:

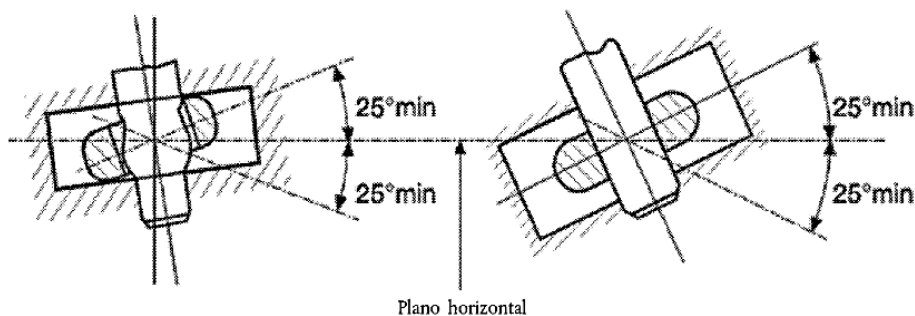


Ilustración 47: Rotación axial del anillo de remolque acoplado

Adicionalmente, es necesario indicar la existencia de dispositivos no normalizados de la clase C 50X que pueden realizar algunos movimientos adicionales a los presentados.

Es el caso de los acoplamientos que tienen un pivote cilíndrico y que pueden girar verticalmente en el anillo de enganche gracias a una junta especial. El uso de dichos acoplamientos solo está justificado y autorizado por decisiones técnicas, como pueden ser motivo de resistencia mecánica en transporte pesado o la necesidad de que el acoplamiento necesite dicha articulación vertical.

No obstante, estos dispositivos pertenecientes a la clase C 50X también deberán cumplir los requisitos establecidos para el resto de acoplamientos de clase C. En este caso, los ángulos que se establecen pueden ser realizados como combinación de giros verticales y horizontales.

A pesar de todo lo indicado previamente, pueden presentarse algunos tipos de ganchos de remolque dotados con un pivote cilíndrico que les permita girar verticalmente gracias a una junta especial, característica que no comparten los dispositivos convencionales.

Este tipo de dispositivos no está normalizado, y su uso solo estará justificado por razones técnicas, como puede ser el caso del transporte de grandes cargas que puedan comprometer su resistencia.

Accesibilidad, funcionamiento seguro y espacios libres

Aun habiendo sido indicado de forma breve en anteriores apartados, es necesario hacer hincapié en la necesidad garantizar que zona de maniobra del acoplamiento y del mecanismo de bloqueo no presente elementos que pongan en peligro la seguridad de la persona que lo manipule.

Además deberá ser de fácil acceso sin que existan elementos que dificulten el acceso o la adecuada posición del operario en el accionamiento como pudiera ser un sistema de frenado de inercia o similar.

Ángulos de acoplamiento

Además de los ángulos que debe poder realizar al gancho de remolque encontrándose acoplado con un anillo de remolque encontrándose ambos acoplados, también es necesario que se permite realizar la operación de acoplamiento bajo una serie de condiciones y posiciones relativas.

Al igual que para la medida de ángulos y rangos de movimiento con ambos dispositivos acoplados, para este caso también se empleará el goniómetro y alguna referencia que permita la comprobación.

Los ángulos de acoplamiento y desacoplamiento que se describen a continuación:

- 50° horizontalmente a ambos lados.
- 6° verticalmente hacia arriba y hacia abajo.
- 6° axialmente (a lo largo del eje longitudinal de los acoplamientos) a ambos lados.

El acoplamiento debe poder ser realizado de forma que los ángulos mencionados anteriormente puedan ser realizados. Para comprobarlo correctamente se rellenará la correspondiente que se encuentra en los anexos.

Para dar por superada la prueba deberán cumplirse todos los requisitos.

Distancias mínimas y accesibilidad

Para garantizar una mínima maniobrabilidad y accesibilidad del conjunto de vehículos cuando estos se encuentren acoplados e instalados en los vehículos correspondientes es necesario establecer unas distancias y espacios de acceso libres que lo permitan. Debido a que la palanca de manos también debe poder ser accionada con comodidad, quedan establecidos también unos espacios libres mínimos.

Para ello a continuación se indican unas distancias mínimas y máximas que deben ser respetadas. Para ello será necesario el empleo de una cinta métrica de al menos 2 m de rango de medición con una resolución de 1 mm.

En la siguiente ilustración quedan reflejadas las distancias que deben ser respetadas, las cuales se realizarán en el orden establecido con la cinta métrica mencionada. Deberán completarse las tablas que se encuentran en los anexos, y según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

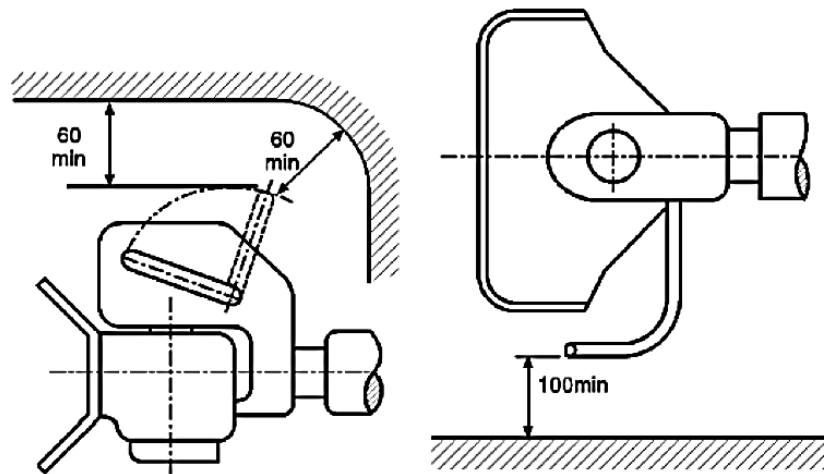


Ilustración 48: Distancias mínimas y espacios libres

A pesar de lo indicado en la tabla anterior relativo a la distancia máxima entre el centro del pivote de acoplamiento y el borde de la carrocería del vehículo, conviene realizar unas pequeñas aclaraciones sobre ello:

- Si la distancia máxima entre el centro del pivote de acoplamiento y el borde de la carrocería del vehículo supera los 420 mm, el acoplamiento debe estar equipado con un mecanismo que permita manejarlo con seguridad a una distancia máxima de 420 mm. Esto debe ser comprobado en caso de darse la situación.
- A pesar de lo indicado, existen una serie de casos en los que distancia entre el centro del pivote de acoplamiento y el borde de la carrocería del vehículo puede superar los 550 mm:
 1. Distancia máxima de 650 mm en vehículos basculantes o equipos instalados en la parte trasera.
 2. Distancia máxima de 1320 mm si la altura libre es de 1150 mm como mínimo.
 3. En vehiculos para transporte de automóviles con dos niveles de carga como mínimo durante el transporte normal estando este acoplado.

En caso se superarse la distancia de 550 mm entre el pivote de acoplamiento y el borde de la carrocería del vehículo, en la siguiente casilla deberá indicarse cuál/es de las excepciones anteriores se cumple. En caso de que no sea satisfecha ninguna de ellas, el acoplamiento no cumple con la normativa y por tanto no es válido para su uso final.

Número de la excepción o excepciones	
---	--

Las excepciones mencionadas anteriormente en las que la distancia máxima entre el centro del pivote de acoplamiento y el borde de la carrocería del vehículo supera los 550 mm solo pueden considerarse válidas cuando su motivo esté basado en decisiones técnicas y se garantice el funcionamiento seguro del acoplamiento.

Adicionalmente, se establece un espacio libre alrededor de todo el gancho de remolque, de modo que cuando este se encuentre instalado en un vehículo debe estar separado por un mínimo de 10 mm de cualquier otro elemento del vehículo. Este requisito debe cumplirse también de forma simultánea con los rangos de movimiento y giros establecidos en el punto “Comprobación ángulos de giro y rangos de movimiento” del presente apartado de ganchos de remolque.

Si en un mismo vehículo pueden montarse varios tamaños de gacho, todo lo anterior mencionado en este apartado debe poder cumplirse para el de mayor tamaño que haya sido establecido.

- **Verificación de los mecanismos de seguridad y desacoplamiento involuntario impedido por bloqueo**

A pesar de que con este último paso se han terminado todas las verificaciones dimensionales, es preciso indicar una serie de aspectos relativos a los mecanismos de seguridad con los que van equipados los acoplamientos y requisitos especiales aplicados a los ganchos de remolque normalizados de clase C 50-1 a C 50-6.

El movimiento giratorio del anillo de remolque en torno al eje transversal será posible gracias a la forma esférica del pivote de acoplamiento. En los dispositivos de clase C 50-X este movimiento también podrá ser realizado gracias a una junta, hecho que deberá ser tenido en cuenta a la hora de realizar las correspondientes verificaciones.

Salvo para el caso de los acoplamientos pertenecientes a la Clase C 50-1, las fuerzas que tienen lugar a lo largo del eje longitudinal debidas a la separación entre el pivote de acoplamiento y el gancho del remolque deberán ser atenuadas mediante la presencia de muelles o amortiguadores.

Desacoplamiento involuntario impedido por bloqueo

Los ganchos de remolque disponen de un elemento de seguridad que impide el desacople del vehículo de forma involuntaria durante su uso.

Encontrándose dicho dispositivo en posición cerrada, el pivote de acoplamiento deberá estar bloqueado por dos dispositivos de bloqueo con enganche mecánico, de forma que el sistema de seguridad esté por duplicado.

Dicha posición cerrada y bloqueada debe estar claramente indicada en el exterior mediante un dispositivo mecánico, y que cuya posición pueda ser comprobada en la oscuridad, como por ejemplo, mediante el tacto. De este modo, deberá comprobarse el estado de cierre del dispositivo mediante el tacto, sin ayudas visuales, y posteriormente con la ayuda de éstas constatar que la hipótesis previa es acertada.

Aunque el dispositivo mecánico deberá indicar que ambos dispositivos de bloqueo están conectados, será suficiente con que indique el acoplamiento de uno de los dispositivos de bloqueo cuando, en esta situación, el funcionamiento del segundo dispositivo sea una característica intrínseca del diseño y así lo indique el fabricante

El dispositivo de bloqueo podrá ser liberado mediante una palanca de mano y no mediante control a distancia. Dicha palanca podrá manejarse fácilmente y tendrá el extremo redondeado para mejorar su ergonomía.

El uso del control a distancia solo podrá ser empleado en dispositivo de clase C50-X por motivos técnicos y de seguridad debidamente justificados.

Además de esto, es necesario que el gancho de remolque no presente filos ni bordes cortantes en la zona de maniobra de la palanca de mano para evitar daños al operario.

En el apartado de ensayos quedarán reflejados los requisitos de fuerza de accionamiento y resistencia que deben cumplir estos dispositivos de palanca de mano.

Procedimientos de ensayo

El procedimiento de ensayo empleado será diferente de acuerdo al tipo de enganche del que se trate y las cargas que soporte, y será válido tanto para los ganchos de remolque de la clase C y los brazos de tracción de la clase F. No obstante, a excepción de los ensayos que se realizarán sobre la mordaza y la palanca de mano de forma estática, los ensayos realizados sobre la muestra serán de carácter dinámico mediante la aplicación de cargas alternantes.

Adicionalmente, el dispositivo de bloqueo del pivote de acoplamiento será sometido a un ensayo estático para comprobar su correcto funcionamiento.

Se realizará un ensayo de resistencia tanto sobre el gancho de remolque en sí, como sobre los dispositivos que lo unen al vehículo, como es el caso de los brazos de remolque. En el ensayo de dichos brazos normalizados, la carga vertical será la misma que la aplicada sobre el gancho y se aplicará a una distancia longitudinal del plano vertical de los pintos de fijación igual a la posición del gancho correspondiente.

Todas las muestras a ensayar deberán ir provistas de todos los elementos necesarios para su instalación y se fijarán en la máquina de ensayos de igual manera a como estarían colocados en el vehículo.

Resumen de los procedimientos

Después de conocer las normas básicas de actuación para este tipo de procedimientos, y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar, el instrumental de medición adecuado y que los útiles y maquinaria se encuentran en buenas condiciones de uso, se procede en primer lugar a la identificación y limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Tras finalizar las tareas anteriores, se puede comenzar con los procedimientos de ensayo como tal, teniendo cuidado de conocer exactamente el dispositivo del que se trata para aplicar las cargas tabuladas aportadas por el fabricante correspondientes a la muestra, de modo que no tengan lugar posibles daños o riesgos de operación provocados por una mala interpretación.

En primer lugar, se realizara un ensayo estático para comprobar que la palanca de mano para el desbloqueo del acoplamiento puede ser accionada sin gran dificultad mediante la aplicación de una fuerza máxima de 250 N, que puede ser medida con el dinamómetro.

A continuación, se realizara un ensayo dinámico con la ayuda de una bola de remolque. Además, la metodología de ensayo es muy similar a la empleada para bolas de remolque. En este ensayo se aplicarán una serie de cargas alternantes durante el número de ciclos indicado en el procedimiento, y la dirección de las cargas de ensayo dependerá de las cargas que pueda soportar el dispositivo durante su normal funcionamiento.

Será en este ensayo donde deberán ser colocadas las galgas extensiométricas y la comprobación de grietas mediante el método de líquidos penetrantes a menos que se observen grietas a simple vista.

También se realizará un ensayo estático únicamente en las bolas de remolque o soportes de tracción cuya fijación no sea realizada mediante tornillos o en bolas de remolque desmontables según corresponda.

Todos los procedimientos deberán haber sido superados satisfactoriamente.

Ensayo estático sobre palanca de mano (clase C)

Descripción del procedimiento

Las palancas de mano empleadas para el desbloqueo del acoplamiento, estarán diseñadas de manera que se puedan manejar fácilmente y tengan el extremo redondeado y no presenten bordes cortantes ni afilados, así como la zona de maniobra del operario con el objetivo de evitar daños personales durante la manipulación.

La fuerza necesaria para desenganchar el acoplamiento, medida sin el anillo de remolque, no superará los 250 N en dirección perpendicular a la palanca de mano a lo largo de la línea de funcionamiento.

Para comprobar esto, se fijará el dinamómetro a la palanca de mano, y se tratará de realizar su apertura aplicando una fuerza en dirección perpendicular. Para ello primero deberá fijarse el dispositivo de ensayo mediante una mordaza o similar que asegure el acoplamiento a una base sólida.

La aplicación de la fuerza que deberá ser medida puede ser realizada directamente de forma manual, o mediante alguna herramienta auxiliar como puede ser una prensa manual o similar.

Habiendo comprobado que el valor de fuerza necesaria para la apertura del dispositivo en inferior a 250 N puede calificarse esta prueba como superada.

Requerimientos para mecanismo de mordaza

Aunque previamente se han indicado los requisitos para las mordazas que permiten una rotación vertical, debido a la mayor complejidad que pueden presentar, las mordazas que pueden girar en torno a un eje transversal horizontal van a ser tratadas con mayor detalle en este apartado.

En primer lugar, este tipo de dispositivos debe contar con un mecanismo de giro de cierre que permita que la junta quede sujeta en su posición normal. La fuerza de dicho giro debe poder evitar que una fuerza de 200 N actuando en sentido vertical sobre la mordaza provoque su desplazamiento respecto de la posición normal. Dicho giro de cierre será mayor que el empleado en el ensayo de la palanca de mano de este capítulo.

Esta condición, deberá comprobarse con la ayuda del dinamómetro y la grúa de taller como soporte para la sujeción de este en caso de que fuera necesario. Si la lectura de la fuerza en el dinamómetro es menor que los 200 N indicados, la muestra analizada no será viable al no haber superado esta prueba.

Ensayo dinámico

Consideraciones previas

El acoplamiento deberá estar instalado como lo estaría en el vehículo y con todas las piezas necesarias para la instalación incluidas. Durante el montaje se seguirán las instrucciones del fabricante prestando especial atención a los pares de apriete de las fijaciones.

Se someterá también a ensayo todo dispositivo intermedio entre el gancho de remolque y el armazón del vehículo con las mismas fuerzas que el gancho.

Para los brazos de tracción la carga se aplicará a una distancia longitudinal del plano vertical de los puntos de fijación igual a la posición del gancho normalizado correspondiente.

- Ganchos de remolque para brazos articulados ($S=0$)

En este tipo de acoplamientos, la carga vertical soportada es nula.

En primer lugar, se procederá a la limpieza superficial del acoplamiento con un paño seco con el objetivo de conseguir una superficie limpia que facilite la ejecución del procedimiento.

Posteriormente, se instalará el dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante, teniendo especial cuidado con el par de apriete empleado para los tornillos de las fijaciones. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados.

Una vez comprobado lo anterior, se procederá al acoplamiento entre el útil diseñado para tal fin y el gancho de remolque. Es necesario indicar que dicho útil deberá instalarse previamente en el actuador de la máquina de ensayos, que a su vez ira equipado con la célula de carga establecida en los cálculos de diseño.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Las frecuencias de aplicación de ambas cargas deberán ser lo más parecidas posible entre las direcciones vertical y horizontal, admitiéndose un margen de error máximo de variación de un 3%, y dicha frecuencia no debe superar los 35 Hz y no debe encontrarse en el rango de frecuencias de resonancia de la maquinaria empleada. Se recomienda emplear valores alejados de 35 Hz debido la posibilidad de que aparezca el fenómeno de resonancia al ser cercano a ese valor uno de los modos de vibración del marco de ensayos.

En número de ciclos de fuerza a emplear para este tipo de dispositivos es de 2×10^6 a menos que el fabricante pueda indicar otra cantidad, pero nunca inferior a esta cuando se trate de acoplamientos de quinta rueda de material distinto al acero. Por ejemplo, si se tratara de aluminio el número de ciclos no debería ser inferior a 10^7 .

Deberá verificarse que todos los anclajes entre la máquina de ensayos y el dispositivo están correctamente realizados, y entonces, con las medidas de seguridad indicadas en la guía que se encuentra al inicio de este manual y tomando adicionalmente las precauciones que se consideren oportunas.

Para este caso, se aplicará una fuerza horizontal alternante con un valor de $F_{hw}=\pm 0,6 \times D$, siendo D el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal de carga que deberá ser suministrado por el fabricante del acoplamiento. La máquina está diseñada para que la carga actúe en dirección paralela al suelo y en el plano longitudinal mediano de lo que sería el vehículo que pasa por el centro del acoplamiento.

Conocido esto, tan solo es necesario tomar las medidas y procedimientos de seguridad establecidos de acuerdo a la puesta en marcha de la máquina de ensayos e introducir los correspondientes valores de carga, frecuencia y número de ciclos en la máquina de ensayos.

Terminada la ejecución del número de ciclos de aplicación de la carga y verificando que la máquina de ensayos está parada por completo, con la seta de seguridad accionada, se comprobará que ninguna de las piezas del acoplamiento presenta fracturas o grietas.

Debido a la dificultad que puede existir a la hora de evaluar la presencia de grietas, se empleará el método de líquidos penetrantes empleado también en otros ensayos como, por ejemplo, en el ensayo estático de flexión.

Para ello deberá emplearse el kit mencionado al inicio de este apartado y seguir adecuadamente las instrucciones suministradas por el fabricante del producto.

- Ganchos de remolque para remolques de eje central ($S>0$)

- Remolques con una masa de hasta 3,5 toneladas:

Estos dispositivos serán sometidos a los mismos ensayos que son realizados sobre las bolas de remolque y los soportes de tracción descritos en el correspondiente apartado de este manual.

Para llevar a cabo estos solo es necesario consultar dichos apartados y aplicar las cargas que se indiquen en ellos.

- Remolques de eje central cuya masa supere las 3,5 toneladas:

En este ensayo se aplicarán de forma asíncrona fuerzas verticales y horizontales. Las fuerzas horizontales siguen una línea de actuación paralela al suelo en el plano longitudinal mediano del vehículo tractor y pasará por el centro del acoplamiento. Las fuerzas verticales serán perpendiculares a la línea horizontal de actuación y actuarán a lo largo del eje longitudinal del pivote de acoplamiento.

Lo mencionado en el párrafo anterior es aclaratorio, pues la máquina de ensayos que es empleada para estos ensayos ha sido diseñada para que esto se cumpla correctamente.

Al igual que sucede con otras clases de acoplamientos en el apartado de ensayos, la muestra se colocará como se realizaría en un vehículo real e irá equipada con todos los elementos y fijaciones necesarias aportados por el fabricante.

En primer lugar, se procede a la fijación de la muestra en la máquina de ensayos siguiendo las instrucciones del fabricante y aplicando el par de apriete adecuado en las fijaciones mediante el empleo de la llave dinamométrica.

Fijada la muestra a la máquina, se procede al acoplamiento de ésta con el anillo de remolque de Clase C mediante el cual se aplicarán las cargas horizontales, el cual a su vez estará fijado al actuados de la maquina equipado con la correspondiente célula de carga establecida en el diseño.

La carga vertical será aplicada mediante otro actuador, el cual llevará incorporado un útil que permitirá realizar con seguridad el ensayo.

Con todas las fijaciones y acoplamientos realizados, a continuación se indican las fuerzas que deben ser aplicadas, tanto su valor medio como su amplitud. Es necesario indicar además, que la aplicación de ambas componentes, vertical y horizontal, será realizada de forma sinusoidal y se aplicará de manera síncrona.

Fuerza de Ensayo	Valor medio (kN)	Amplitud (kN)
Fuerza horizontal	0	$\pm 0,6 \times Dc$
Fuerza vertical	$S \times g/1000$	$\pm 0,6 \times V$

Tabla 10: Fuerzas de ensayo establecidas

Donde los parámetros “Dc”, “V” y “S” deben ser suministrados por el fabricante del acoplamiento. Hacen referencia a:

- “Dc” es el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo y el remolque y se tomará como base para las cargas horizontales en ensayos dinámicos.
- “V” es el valor teórico de referencia de la amplitud de la fuerza vertical aplicada sobre el acoplamiento por el remolque de eje central de una masa máxima técnicamente autorizada superior a 3,5 toneladas.
- “S” es la masa vertical en kilogramos aplicada en condiciones estáticas sobre el acoplamiento por un remolque de eje central cargado con la masa máxima técnicamente autorizada.

Conocido esto, tan solo es necesario tomar las medidas y procedimientos de seguridad establecidos de acuerdo a la puesta en marcha de la máquina de ensayos e introducir los correspondientes valores de carga, frecuencia y número de ciclos en la máquina de ensayos.

Terminada la ejecución del número de ciclos de aplicación de la carga se comprobará que ninguna de las piezas del acoplamiento presenta fracturas o grietas.

Debido a la dificultad que puede existir a la hora de evaluar la presencia de grietas, se empleará el método de líquidos penetrantes empleado también en otros ensayos como, por ejemplo, en el ensayo estático de flexión. Para ello deberá emplearse el kit mencionado al inicio de este apartado y seguir adecuadamente las instrucciones suministradas por el fabricante del producto.

Ensayo estático

Como se ha indicado previamente, es necesario realizar un ensayo estático sobre el dispositivo de bloqueo del pivote de acoplamiento.

Al igual que para el ensayo dinámico, el dispositivo se instalará en la máquina de ensayos siguiendo las instrucciones del fabricante de igual manera en la que se realizaría en un vehículo.

Como paso previo al ensayo, también se realizará una limpieza superficial con un paño seco con la finalidad de eliminar restos de suciedad, grasa, etc. Tanto antes como al finalizar el ensayo, la muestra de ensayo no presentará deformaciones que impidan su uso convencional.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Este ensayo servirá para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo de bloqueo mediante la aplicación de una fuerza estática.

Para este caso, se aplicará una fuerza estática de $0,25 \times D$ en la dirección y sentido de apertura del acoplamiento, salvo si se trata de un acoplamiento cilíndrico, en cuyo caso la fuerza de ensayo aplicada deberá ser de $0,1 \times D$.

El parámetro “D” es el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque y se tomará como base para las cargas horizontales en los ensayos dinámicos. Dicho parámetro debe ser aportado por el fabricante del acoplamiento.

Indicado esto, conviene aclarar que la aplicación de la carga estática deberá ser realizada de forma progresiva, y deberá mantenerse aplicada durante 60 segundos, aclaraciones que deberán ser tenidas en cuenta a la hora de introducir los parámetros de carga en la máquina de ensayo.

Al finalizar la aplicación de la carga, si el dispositivo de bloqueo no se ha abierto y no se presentan daños puede darse por concluido con éxito el ensayo estático e iniciar el procedimiento del ensayo dinámico.

Pivotes de acoplamiento de quinta rueda

Estructura

- **Introducción y definición**
- **Aspectos metrológicos y visuales**
 - Instrumental, útiles necesarios y consideraciones previas
 - Procedimiento de verificación dimensional
 - Consideraciones previas
 - Resumen del procedimiento
 - Descripción del procedimiento
- **Procedimientos de ensayos mecánicos**
 - Consideraciones y labores previas
 - Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo
 - Procedimientos de ensayo
 - Resumen del procedimiento
 - Ensayo dinámico
 - Consideraciones previas y aclaraciones
 - Descripción del procedimiento
 - Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Introducción y definición

Pertenecen a este tipo de acoplamientos los clasificados dentro de la Clase H.



Ilustración 49: Pivote de acoplamiento de 5ª rueda de clase H

A pesar de la existencia de dispositivos con diferentes dimensiones, se consideran normalizados aquellos denominados como dispositivos de acoplamiento mecánico de Clase H50, cuyo diámetro menor es de 50 mm.

Los pivotes de acoplamiento de quinta rueda están diseñados para funcionar de forma conjunta con los acoplamientos de Clase G. Generalmente, los pivotes de acoplamiento irán montadas sobre los semirremolques y los acoplamientos de quinta rueda (clase G) sobre el vehículo tractor.

Aspectos metrológicos y visuales

Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones sobre estos dispositivos, será necesario el siguiente instrumental:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 200 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Galga de radios (cóncava):** Será necesaria para medir aquellos radios que por su disposición en la pieza u otros aspectos no puedan ser medidos con otros instrumentos. Para este caso, será necesario que las galgas sean de carácter cóncavo para medir radios internos, y que tenga al menos un rango de medición de 0 a 3 mm, y una resolución de 0,5 mm.
- **Galga de radios (convexa):** Será necesaria para medir aquellos radios que por su disposición en la pieza u otros aspectos no puedan ser medidos con otros instrumentos. Para este caso, será necesario que las galgas sean de carácter convexo para medir radios externos, y que tenga al menos un rango de medición de 0 a 3 mm, y una resolución de 0,5 mm.

- **Galga para comprobar conicidad:** Se trata de un útil diseñado para comprobar que la conicidad de uno de los parámetros de la muestra se encuentra en un rango de valores. La referencia para este útil es “Dim-03”.
- **Goniómetro:** Será imprescindible para la medida de ángulos entre planos y puntos de referencia. Deberá tener un rango de medición mínimo de 180° y una resolución mínima de 1°.

A diferencia de otros dispositivos de acoplamiento mecánico, este dispositivo no requiere un procedimiento complejo para verificar los criterios dimensionales.

Procedimiento de verificación dimensional

Consideraciones previas

Los requisitos establecidos en este apartado son aplicables a todos los acoplamientos tipo gancho de la Clase H normalizados.

La muestra a ensayar deberá ser suministrada con todos los elementos necesarios para su montaje, los cuales serán indicados en las instrucciones aportadas por el fabricante.

Se tendrá especial cuidado en comprobar que todas las mediciones se encuentran dentro de los valores establecidos por las tolerancias de los valores nominales.

Para ello, se dispone de unas tablas en las que se indican las mediciones que es preciso realizar. Si éstas deberán ser rellenadas indicando la medida realizada y comprobando la validez de esta de acuerdo a las tolerancias permitidas.

Para facilitar esta tarea al operario, si dichas tablas son cumplimentadas en formato electrónico, con tan solo introducir la medida realizada se indicara de forma automática si esta es o no correcta.

Resumen del procedimiento

Tras tener el conocimiento de las normas de seguridad básicas y habiéndose asegurado de que se encuentran todos los componentes necesarios de la muestra a analizar y el instrumental de medición adecuado, se procede en primer lugar a la limpieza de la muestra comprobando que no presenta grietas ni deformaciones.

Seguidamente, con el instrumental de medición que se indique o más apropiado para el tipo de medida correspondiente, se realizarán las verificaciones de las diferentes dimensiones, ángulos o rangos de movimiento según corresponda, presentes en las tablas de verificación.

Para este tipo de dispositivo no se establecen criterios dimensionales más allá de ser compatible con los acoplamientos de quinta rueda normalizados de la clase G50.

Para este tipo de acoplamientos solo quedan establecidos únicamente requeridos dimensionales relativos a dimensiones, sin necesidad de comprobar rangos de movimiento o movimientos relativos.

Para verificar que las mediciones realizadas se corresponden con las propias de este tipo de acoplamientos, se dispone de unas tablas en los anexos en las que se anotarán las medidas obtenidas, y tras ser contrastadas con las medidas de referencia que se indiquen, se señalará la casilla de “válido” o “no válido” según corresponda.

El procedimiento se calificará como superado cuando todas las casillas de la tabla o tablas establecidas están marcadas como “válidas”.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, serán aplicadas las instrucciones establecidas en la guía de seguridad que se encuentra al inicio de este manual para evitar posibles accidentes y daños y garantizar la seguridad del procedimiento.

Completado lo anterior, se realizara una breve limpieza del dispositivo de acoplamiento mediante un paño seco con el objetivo de eliminar posibles restos de grasa, suciedad, etc. Además, esto reducirá los errores de medición y garantizará un mejor mantenimiento y conservación del instrumental de verificación empleado.

Para comenzar, con la ayuda del calibre se comprobarán las longitudes designadas en el orden que se indica en la tabla que se adjunta. Una vez realizadas las medidas de longitud, se procederá a verificar los diámetros de la muestra, que en este caso están todos orientados en el mismo eje, lo que facilita el proceso.

Finalizadas las mediciones con el calibre puede procederse a realizar la verificación de los radios de acuerdo entre las superficies planas o cónicas y/o las superficies curvas (en dirección transversal). Para ello emplearemos 2 tipos diferentes de galgas de radios:

- Galga de radios cóncava para los radios internos para R3 mm.
- Galga de radios convexa para los radios externos para R2 mm.

Con los radios internos y externos comprobados, se procede con el siguiente paso: la medida de la conicidad del sector circular indicado en la ilustración.

Conseguido esto, solo debe comprobarse que la conicidad se encuentra entre los valores permitidos, es decir, que la medida obtenida es igual o menor que la proporcionada por el útil de referencia “Dim-03” (que en realidad es una galga), es decir, menor o igual que 6°.

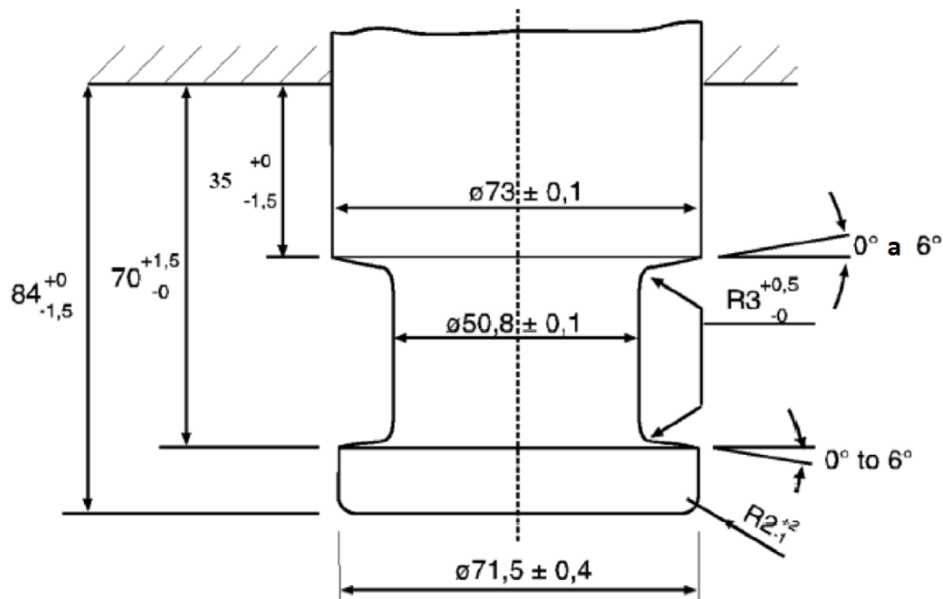


Ilustración 50: Dimensiones y ángulos para pivote de acoplamiento de 5ª rueda

Habiendo comprobado todas las indicaciones anteriores y pasado las pruebas establecidas, puede seguirse con el procedimiento.

Procedimientos de ensayos mecánicos

Consideraciones previas

Se trata de ensayos mecánicos específicos para garantizar el correcto funcionamiento en servicio de estos dispositivos de acoplamiento mecánico.

Es preciso indicar que antes de iniciar cualquier procedimiento de ensayo es de cumplimiento obligatorio el seguimiento de todas las indicaciones establecidas en la guía de seguridad elaborada al inicio de este manual con el objetivo de evitar posibles accidentes y garantizar la seguridad de los operarios.

Además, para evitar posibles errores y malas interpretaciones conviene realizar inicialmente una lectura superficial de todo el procedimiento antes de llevarlo a cabo de forma práctica. De este modo se evitarán problemas que puedan generar retrasos y dificultades en las operaciones de verificación.

Instrumental y útiles necesarios para procedimientos de ensayo

Será necesario disponer de los siguientes instrumentos y productos en el laboratorio:

- **Calibre o pie de rey:** Atendiendo a los productos normalizados disponibles en el mercado, este deberá tener un rango de medición mínimo de 0 a 200 mm. Además, la resolución de este deberá ser de 0,01 mm.
- **Goniómetro o escuadra:** puesto que en este caso solo será necesario comprobar la perpendicularidad entre las zonas de aplicación de la carga y los actuadores de la máquina de ensayos.
- **Llave para vasos, llave dinamométrica y vasos:** Se trata de una llave que con la que puede medirse el par de apriete aplicado a un tornillo/tuerca. También será necesario un juego de vasos con medidas que van desde los 19 mm a los 28 mm. Los vasos serán compatibles con la llave empleada, siendo las medidas del cuadradillo del vaso de un 1/4", siendo esta una medida normalizada que permite mayores pares de apriete, pero el resto también son válidos.
- **Máquina de ensayos diseñado (ENS-013)**
- **Útil de acoplamiento para pistón (ENS-009)**
- **Soporte para pivotes de quinta rueda (ENS-012)**
- **Útil "ENS-007":** Se empleará para la realización del ensayo dinámico. El orificio roscado practicado sirve para evitar mediante un tornillo de métrica M14 que durante el ensayo el pivote de acoplamiento no se mueve durante el ensayo. Deberán emplearse contratueras para evitar el giro involuntario del tornillo.
- **Kit de líquidos penetrantes:** Será necesario para comprobar la presencia de grietas tras la realización de los ensayos mecánicos de resistencia correspondientes. Deberá incluir el líquido colorante, el líquido revelador y las instrucciones de uso del fabricante.

Procedimientos de ensayo

Ensayo dinámico

Consideraciones previas

En esta prueba se aplicará una fuerza alternante sobre el dispositivo instalado en la máquina de pruebas. Debido al modo en el que está fuerza será aplicada también se comprobará la resistencia de los anclajes del pivote.

Para este tipo de dispositivos será necesario realizar un ensayo dinámico únicamente, sin establecer ensayos estáticos para comprobar su resistencia. Este ensayo se realizará de forma independiente y no se combinará el pivote de quinta rueda con el acoplamiento correspondiente para realizar el ensayo.

Es necesario indicar la imposibilidad de comprobar la resistencia de estos dispositivos mediante métodos de cálculo como alternativa a los ensayos físicos.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, se procederá a la limpieza superficial del acoplamiento con un paño seco con el objetivo de conseguir una superficie limpia que facilite la ejecución del procedimiento.

Una vez hecho esto, puede procederse a la instalación del dispositivo en el banco de pruebas siguiendo las instrucciones suministradas por el fabricante, prestando especial atención en el par de apriete necesario para los tornillos de fijación del dispositivo. Para esta operación será necesario emplear la llave dinamométrica indicada al inicio de este apartado junto con el vaso de la medida correspondiente para los tornillos empleados.

Cuando el pivote de acoplamiento se encuentre completamente fijado se puede realizar su ensamblaje con el útil empleado para transmitir las fuerzas entre el actuador y la muestra del acoplamiento. Dicho útil es el (indicar referencia), que deberá ser previamente instalado en el actuador de la máquina de ensayos.

Aunque el útil diseñado para encontrarse situado en la zona media del diámetro más pequeño del elemento cilíndrico del pivote de acoplamiento. Para el caso de la clase H50, dicho diámetro es de 50,8 mm. Esta pequeña comprobación de que el útil se encuentra situado de forma centrada deberá realizarse con la ayuda del calibre.

Puesto que es necesario que la deformación permanente tras el ensayo estático sea inferior al 10 % de la máxima medida, se empleará un sistema de medición basado en galgas extensiométricas, cuyas características y modo de empleo se muestran en el apartado de “Galgas extensiométricas” del presente proyecto.

De forma habitual este procedimiento se realiza durante el ensayo estático, pero puesto que no se establecen este tipo de ensayos para los pivotes de acoplamiento de quinta rueda, se realizara en el ensayo dinámico.

El sistema se basa en calcular la deformación en 3 direcciones distintas para así establecer la deformación normal resultante. Si finalizado el procedimiento se cumple esto, puede darse por válido el ensayo.

El paso anterior es el último antes de la programación de la máquina de ensayos y aplicación del número de ciclos de carga.

Descripción, naturaleza y aplicación de las cargas

Como se indicó anteriormente, se aplicaran cargas alternantes sobre el pivote de acoplamiento, las cuales deben tener las siguientes características:

Las frecuencias de aplicación de las cargas deberán ser lo más parecidas posible entre las direcciones vertical y horizontal, admitiéndose un margen de error máximo de variación de un 3%, y dicha frecuencia no debe superar los 35 Hz y no debe encontrarse en el rango de frecuencias de resonancia de la maquinaria empleada. Se recomienda emplear valores alejados de 35 Hz debido a la posibilidad de que aparezca el fenómeno de resonancia al ser cercano a ese valor uno de los modos de vibración del marco de ensayos.

El número de ciclos de fuerza a emplear para este tipo de dispositivos es de 2×10^6 a menos que el fabricante indique otra cantidad, pero nunca inferior a esta cuando se trate de acoplamientos de quinta rueda de material distinto al acero. Por ejemplo, si se tratara de aluminio el número de ciclos no debería ser inferior a 10^7 .

Dicho todo esto, deberá verificarse que todos los anclajes entre la máquina de ensayos y el dispositivo están correctamente realizados, y entonces, con las medidas de seguridad indicadas en la guía que se encuentra al inicio de este manual y tomando adicionalmente las precauciones que se consideren oportunas.

Con lo anterior aclarado, las fuerzas que deberá aplicar la máquina de ensayos de forma horizontal son las siguientes

$$\blacksquare F_{hw} = \pm 0,6 \times D$$

Estando el parámetro “D” expresado en kN.

Es preciso aclarar brevemente el significado del parámetro “D”, indicando que se trata del valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque, y que además será tomada como base para las cargas horizontales en los ensayos dinámicos. Dicho valor debe ser indicado por el fabricante de la muestra.

Terminada la ejecución del número de ciclos de aplicación de la carga, se comprobará que ninguna de las piezas del acoplamiento presenta fracturas o grietas. Debido a la dificultad que puede existir a la hora de evaluar la presencia de grietas, se empleará el método de líquidos penetrantes empleado también en otros ensayos como, por ejemplo, en el ensayo estático de flexión. Para ello deberá emplearse el kit mencionado al inicio de este apartado y seguir adecuadamente las instrucciones suministradas por el fabricante del producto.

Acoplamientos específicos clase T

Estructura

- **Introducción y definición**
- **Aspectos metrológicos y visuales**
 - Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional
 - Procedimiento de verificación dimensional
 - Consideraciones previas
 - Descripción del procedimiento
- **Procedimientos de ensayos mecánicos**

Introducción y definición

Se trata de un tipo de acoplamiento pensado para satisfacer unas necesidades especiales de operación como tienen lugar en algunos modelos de vehículos para el transporte de automóviles que por la morfología de su estructura portante requieren de soluciones específicas.



Ilustración 51: Conjunto en el que se emplean acoplamientos de clase T

Debido a los aspectos mencionados, se trata de un conjunto inseparable instalado en ambas partes, es decir, en el vehículo tractor y en el remolque.

A diferencia de otros tipos de acoplamiento, no se trata de un conjunto que pueda ser acoplado y desacoplado de forma convencional. De hecho, debe ser homologado en conjunto, y su separación solo podrá ser realizarse mediante herramientas en taller. Como consecuencia de esto, es evidente que no tiene la posibilidad de llevar incorporados sistemas de acoplamiento a distancia o sistemas similares.

Aspectos metrológicos y visuales

Instrumental y útiles necesarios para verificación dimensional

Para poder llevar a cabo las diferentes comprobaciones y mediciones sobre estos dispositivos, será necesario el siguiente instrumental:

- **Goniómetro:** Será imprescindible para la medida de ángulos entre planos y puntos de referencia. Deberá tener un rango de medición mínimo de 180° y una resolución mínima de 1°.

Como puede observarse, no es necesario emplear una gran cantidad de instrumentos de medición ya que solo es necesario que el acoplamiento pueda realizar una serie de giros y movimientos.

Procedimiento de verificación dimensional

Consideraciones previas

Los requisitos establecidos en este apartado son aplicables a todos los acoplamientos específicos de clase T.

Como se ha mencionado en el apartado anterior, el procedimiento de verificación dimensional es sencillo, solo hay que emplear el goniómetro para verificar algunos rangos de movimiento.

La muestra a ensayar deberá ser suministrada con todos los elementos necesarios para su montaje, los cuales serán indicados en las instrucciones aportadas por el fabricante.

Se tendrá especial cuidado en comprobar que todas las mediciones se encuentran dentro de los valores establecidos por las tolerancias de los valores nominales.

Para ello, se dispone de unas tablas en las que se indican las mediciones que es preciso realizar. Si estas deberán ser rellenadas indicando la medida realizada y comprobando la validez de esta de acuerdo a las tolerancias permitidas.

Descripción del procedimiento

En primer lugar, serán aplicadas las instrucciones establecidas en la guía de seguridad que se encuentra al inicio de este manual para evitar posibles accidentes y daños y garantizar la seguridad del procedimiento.

Completado lo anterior, se realizará una breve limpieza del dispositivo de acoplamiento mediante un paño seco con el objetivo de eliminar posibles restos de grasa, suciedad, etc. Además, esto reducirá los errores de medición y garantizará un mejor mantenimiento y conservación del instrumental de verificación empleado.

Para comenzar, con la ayuda del goniómetro se comprobarán los ángulos y rangos de movimiento indicados en la tabla correspondiente a este tipo de acoplamientos de que se encuentra en los anexos. Según la medida realizada se corresponda o no con la medida de referencia indicada deberá seleccionarse la opción de “válido” o “no válido”. Para que el procedimiento se considere superado todas las mediciones deben ser válidas salvo que se indique expresamente lo contrario.

Procedimientos de ensayos mecánicos

Para este tipo de acoplamientos solo quedan establecidos ensayos dinámicos para comprobar la resistencia mecánica. Serán los mismos que los realizados sobre ganchos de remolque de clase C instalados sobre remolques de eje central (carga vertical sustentadora no nula), por lo que deberá consultarse dicho apartado para su realización.

No obstante, existe una pequeña variación en cuanto a las cargas aplicadas, de modo que éstas serán las que se encuentran en la siguiente tabla:

Fuerza de ensayo	Valor medio (kN)	Amplitud (kN)
Fuerza vertical	$S \times g/1000$	0,5 V
Fuerza horizontal	0	0,5 D _c

Tabla 11: Fuerzas de ensayo para acoplamientos específicos de clase T

Los valores de los parámetros “S”, “V” y “D_c” aquí no se indican, pero estos deberán ser indicados por el fabricante del acoplamiento.

Debido a la complejidad y a la singularidad de este tipo de acoplamiento será necesario que el fabricante del acoplamiento aporte los medios necesario para poder llevar a cabo los ensayos mecánicos mediante la aportación de un soporte para la fijación del dispositivo en la máquina de ensayos y el correspondiente acoplamiento para aplicar las cargas.

Dispositivos de indicación y control a distancia

Estructura

- **Definición**
- **Consideraciones previas**
- **Indicación a distancia y comprobaciones**
- **Control a distancia y comprobaciones**

Consideraciones previas

A diferencia de los distintos apartados en los que se presentan los dispositivos de acoplamiento, en este caso se trata de un dispositivo de carácter auxiliar para algunos de ellos.

El uso de estos dispositivos de indicación y control a distancia solo está justificado y autorizado en las clases C 50-X y G 50-X, correspondientes a los acoplamientos de quinta rueda no normalizados y a los ganchos de remolque no normalizados.

Al igual que el resto de componentes auxiliares que puedan formar parte de un dispositivo de acoplamiento, el emplazamiento de estos dispositivos no debe perjudicar el correcto funcionamiento del acoplamiento.

Las muestras de ensayos que vayan a ser estudiadas deberán ir también provistas de este tipo de dispositivos puesto que afectan a la seguridad del conjunto y necesitan ser también objeto de ensayo.

No obstante, muchos de los aspectos que se mencionan en este apartado no hacen referencia directa a la situación del acoplamiento en sí, sino también a los casos y circunstancias que deben darse una vez que está instalado en el vehículo.

Indicación a distancia y comprobaciones

A diferencia de los mecanismos de indicación y cierre convencionales, estos establecen una indicación carácter óptico en vez de mecánico y debe contar además con una serie de sistemas que permitan su uso seguro en todos los aspectos.

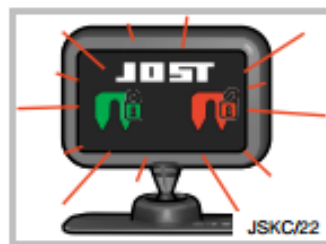


Ilustración 52: Dispositivo de indicación a distancia marca JOST

En primer lugar, cada vez que se abra y se cierre el acoplamiento el dispositivo de indicación debe reestablecerse de forma automática. Esto debe ser comprobado por el operario al menos dos veces para asegurarse por completo de este requisito.

Al igual que los dispositivos convencionales, estos tienen las posiciones de abierto y cerrado, las cuales son indicadas visualmente del siguiente modo:

- En posición abierta se utilizará una señal óptica de color rojo.



Ilustración 53: Indicación de posición abierta

- Para el cambio de posición abierta a posición de cierre y doble bloqueo será empleada una luz verde.



Ilustración 54: Indicación de paso de posición abierta a posición de cierre y doble bloqueo

Debido al riesgo que puede suponer un fallo en este tipo de dispositivos, debe comprobarse que el acoplamiento mecánico entre los dispositivos que correspondan está correctamente realizado cuando así lo indique los dispositivos de ópticos de señalización.

En el caso de disponer de señalización de finalización del cierre y doble bloqueo, el operario debe comprobar que el dispositivo de acoplamiento se encuentra en su posición final cuando así sea indicado.

Si por el motivo que fuera tuviera lugar un fallo en el acoplamiento este debe indicar siempre la posición de abierto. De esta forma podrán evitarse problemas y posibles accidentes.

De igual manera cuando uno de los dispositivos de bloqueo sea desconectado, se encenderá la luz roja y se pagará la verde. Al igual que para el resto de casos, este requisito deberá comprobarse mediante la desconexión voluntaria de una de los dos bloqueos (o los dos de forma simultanea si corresponde) y verificar que se cumple lo indicado.

Los indicadores de posición estarán dentro del campo de visión del conductor en todo momento, pudiendo ser desactivados durante la conducción para evitar distracciones.

Adicionalmente, también pueden estar presentes los indicadores directamente en el dispositivo de acoplamiento.

1 Display

2 Enchufe (display)

3 Cable de conexión

4 Enchufe (quinta rueda)

5 Sensor del semirremolque

6 Sensor de cierre, imán conmutador

7 Sensor de king pin

8 Conexión a alimentación de corriente

JSKC/02

Control a distancia

No obstante, el caso contrario siempre debe cumplirse, es decir, cuando el dispositivo de acoplamiento cuente con control a distancia siempre debe constar de un sistema de indicación a distancia, aspecto que debe ser comprobado para validar el dispositivo.

El funcionamiento del actuador que se encuentra instalado en el acoplamiento está basado en una válvula maestra o disyuntor que permite la apertura y cierre del acoplamiento.

A menos que dicha válvula se encuentre instalada en la cabina del vehículo, esta no debe estar al alcance de personal no autorizado. Una solución posible en el caso de que

la válvula mencionada se encontrara fuera de la cabina sería impedir su manipulación mediante su contención en una caja o similar con acceso mediante un llave que únicamente posea el conductor del vehículo o el operario.

No obstante, para evitar también posibles acciones del conductor al activar el acoplamiento que puedan derivar en accidentes, solo podrá accionarse desde la cabina de forma que el conductor lo haga de forma consciente, como por ejemplo mediante el accionamiento de dos o más interruptores separados una distancia suficiente como para ser accionado por las dos manos o una mano y un pie, unos 30 cm al menos. De no ser así, el conjunto del sistema y el acoplamiento no sería válido.

Como pueda ser evidente, el control a distancia deberá contar con indicadores que muestren el estado del sistema de cierre y doble bloqueo.

El sistema de control a distancia que incorpore el dispositivo de acoplamiento en cuestión no debe provocar la apertura del mecanismo de bloqueo en caso de fallo, es decir, en caso de producirse algún problema, este no afectará al correcto funcionamiento del sistema.

Como posible consecuencia de lo anterior entre otros factores, el acoplamiento debe contar con un sistema adicional de apertura para poder desbloquear el acoplamiento en caso de que el control a distancia no esté operativo por el motivo que sea.

3. DISEÑO MECÁNICO

Útiles de medida diseñados

Debido a la diversidad y singularidad de formas y dimensiones que presentan los dispositivos de acoplamiento, hay ocasiones en las que no existen soluciones comerciales adecuadas para poder desempeñar las labores metrológicas dimensionales de forma correcta.

En esta situación, es necesario llevar a cabo el diseño explícito de instrumental de medición que permita satisfacer correctamente las necesidades mencionadas facilitando además las tareas del operario que lleve a cabo los procedimientos de verificación y también mejore la productividad y eficiencia de estos.

El material empleado para fabricar las piezas sería acero AISI 1040 revenido, con buenas propiedades frente al desgaste y buen comportamiento mecánico, aunque no se requieren grandes resistencias mecánicas, sino más bien resistencia al desgaste.

Útil para anillos de remolque

En este caso, se ha diseñado una especie de patrón que sirve para comprobar si los chaflanes internos de los manguitos que son empleados en los anillos de remolque son como los que se especifican en los procedimientos.

Cada extremo del útil sirve para realizar la comprobación de un tipo de chaflán diferente. El lado que tiene una pequeña muesca sirve para comprobar los chaflanes internos de 30°, mientras que el extremo opuesto sirve para comprobar los de 40°.

La referencia para designar a este dispositivo de “Dim-01”.

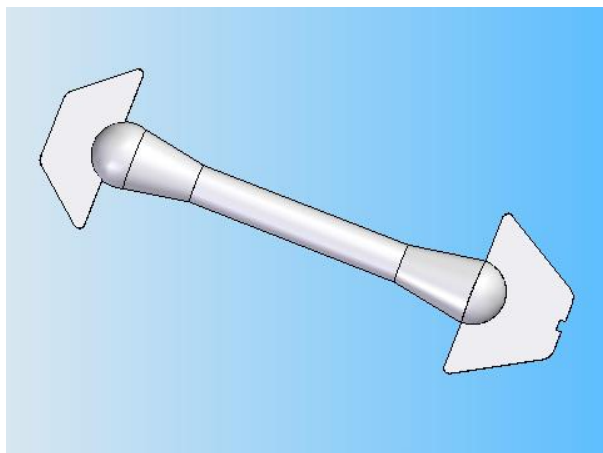


Ilustración 56: Útil para mediciones en anillos de remolque

Útil para bolas de remolque

Se trata de un útil diseñado a modo de calibre pasa/no pasa de modo que empleando las tolerancias dimensionales permitidas para la bola de remolque permite comprobar de forma rápida si sus dimensiones son válidas o no. De esta forma, la bola deberá poder pasar a través de uno de los orificios, mientras que no lo podrá hacer por el otro orificio.

Los diámetros correspondientes son de 50 mm y de 49,60 mm.

La referencia para designar a este dispositivo de “Dim-02”.



Ilustración 57: Útil para verificación de bolas de remolque

Útil para pivotes de quinta rueda

Al igual que sucede con la comprobación de los chaflanes internos de los manguitos de los anillos de remolque, el diseño de este útil es necesario debido a la geometría que presentan los pivotes acoplamiento de quinta rueda y las dificultad de acceso con otro tipo de instrumentos de medida.

En este caso sirve para comprobar que la conicidad de varias secciones de la muestra se sea menores o iguales a 6°. El orificio practicado simplemente sirve para poder colocar el útil colgado de algún sitio o similar para almacenarlo.

La referencia para designar a este dispositivo de “Dim-03”.

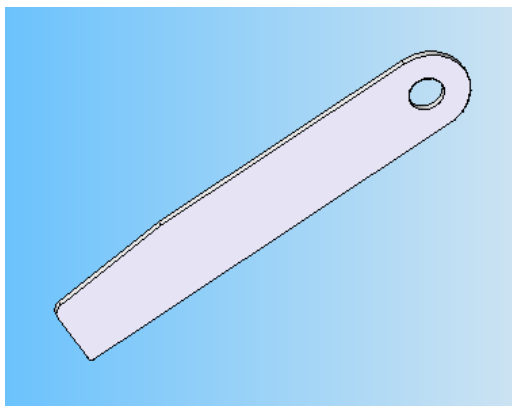


Ilustración 58: Útil para verificar la conicidad de secciones

Diseño y ensayo de las piezas

Introducción

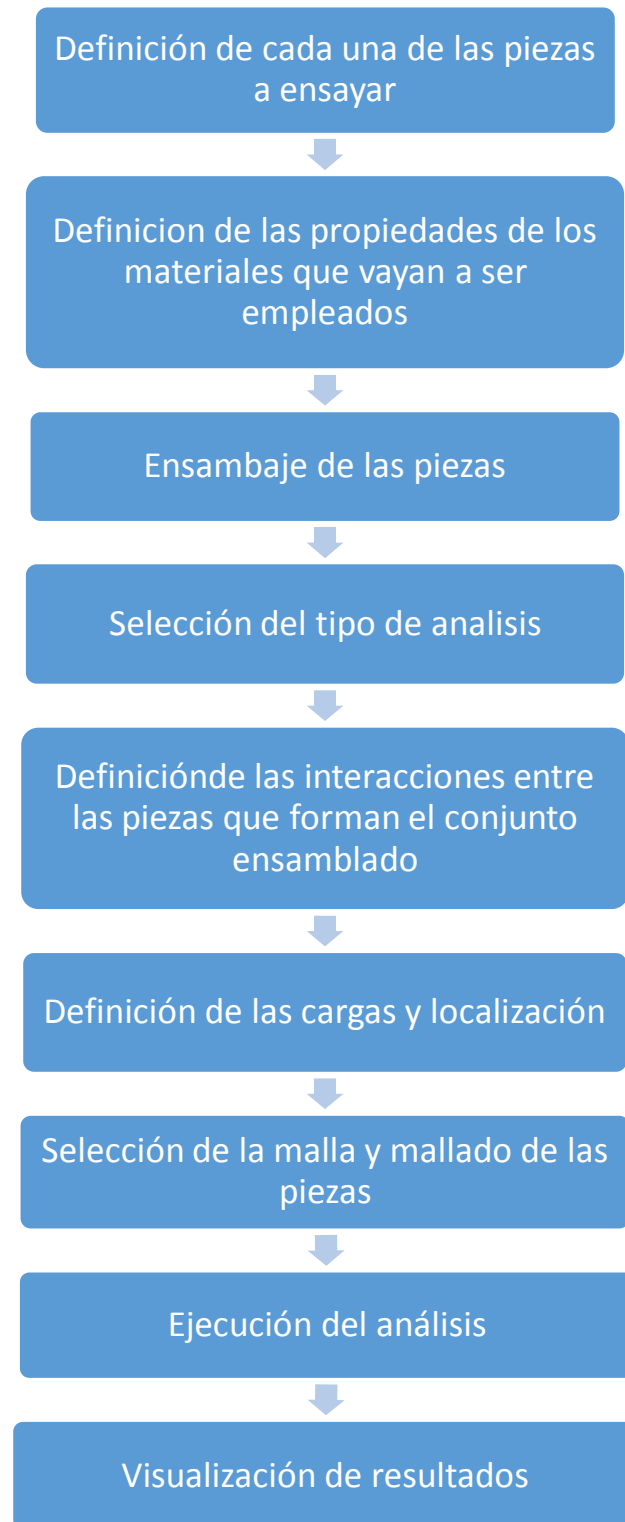
El proceso de diseño de los útiles necesarios y específicos para la realización de los ensayos de resistencia mecánica estático y dinámico ha sido realizado mediante el programa Solid Edge para el diseño y generación de las piezas y planos, y mediante el programa SolidWorks para la realización de las correspondientes simulaciones y ensayos.

En todos los casos que se han presentado se ha partido de un modelo inicial que por su geometría y por las cargas a las que iba a ser sometido se esperaba que tuviera un comportamiento adecuado. Dependiendo de dicho comportamiento después de los correspondientes análisis, se han ido modificando las piezas hasta obtener los resultados esperados que son los que se muestran.

Una vez conseguido esto de forma que el límite elástico del material seleccionado no sea superado, y se consiga un coeficiente de seguridad superior a la unidad, se ha procedido a la realización de los planos de las piezas diseñadas y ensayadas previamente. Los planos han sido realizados mediante el programa Solid Edge.

Descripción general del proceso de diseño

Aunque no se explique con demasiado detalle el proceso de diseño de cada uno de los útiles, en este apartado se va a proceder inicialmente a dar una breve idea general de los pasos a seguir con el programa CAE basado en el cálculo mediante elementos finitos (FEM) en SolidWorks con el previo diseño en Solid Edge.



Dispositivos para acoplamientos de quinta rueda

Debido a la diversidad de tamaños que pueden presentar los dispositivos de quinta rueda normalizados aptos para pivotes de 50 mm, en el reglamento CEPE/ONU 55 no quedan establecidos valores de fuerzas y cargas concretas de los diferentes tipos de dispositivos más allá de relaciones claramente establecidas con determinados parámetros dependientes tanto de los dispositivos en sí, como de los vehículos sobre los que van montados.

Podría haberse empleado un caso genérico real de modo que sobre el útil diseñado se apliquen las cargas correspondientes a una quinta rueda situada sobre una cabeza tractora que en conjunto con un semirremolque tiene un peso máximo de 40.000 Kg.

El estándar para este tipo de vehículos o conjuntos de vehículos se corresponde con los siguientes valores:

- Peso máximo autorizado de la cabeza tractora (PMA): 18.000 Kg
- Peso máximo del conjunto con un semirremolque de 3 ejes (PMA): 40.000 Kg
- Tara de la cabeza tractora: 7.550 Kg

No obstante, en el reglamento si se establece unos valores concretos para emplear en los ensayos:

- Un valor de 150 kN para el parámetro “D”.
- Un valor de 20 toneladas para el parámetro “U”.

El principal parámetro empleado para los ensayos es el parámetro “D”, que se define como el valor teórico de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo y el remolque, y será empleado principalmente como base para los parámetros de carga empleados en los ensayos de carácter dinámico.

La expresión para el cálculo de dicho parámetro en la siguiente:

$$D = \frac{0.6 \times T \times R}{T + R - U} \times g \text{ KN}$$

Donde:

- “T” es la carga máxima técnicamente autorizada del vehículo tractor en toneladas.
- “R” es la masa máxima técnicamente autorizada del semirremolque.
- “U” es la masa vertical máxima aplicada por el semirremolque.
- “g” es el valor de la aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²

No obstante, en este caso se aporta un valor concreto, por lo que el valor del parámetro “D” es 150 kN.

Útiles para ensayos estáticos

Palanca para ensayo de elevación para acoplamientos de quinta rueda y soportes de clase J

Palanca para ensayo de elevación	
Propiedad	Valor
Material	Acero AISI 1040 (Revenido)
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	800 MPa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	324.62 Kg
Tipo de ensayo	Estático
Malla	16150 nodos
Carga/as actuantes	137 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	2,12

Tabla 12: Características de ensayo para palanca de elevación

La referencia del dispositivo para quinta rueda es “ENS-001”.

La referencia del dispositivo para soportes de clase J es “ENS-002”.

Cálculos y cargas

Las referencias tomadas para el diseño de este útil de ensayo están basadas en las indicaciones y restricciones que se menciona en el manual. Para el ensayo de elevación queda establecida la aplicación de una fuerza mediante un brazo de palanca cuya distancia entre el punto situado en el pivote de acoplamiento y el punto de aplicación de la fuerza tenga una longitud comprendida entre 1 y 1,5 m.

La fuerza de “extracción” que debe ser aplicada sobre el punto situado en el pivote de acoplamiento y esta debe tener un valor de $F_a = 2,5 \times U \times g$.

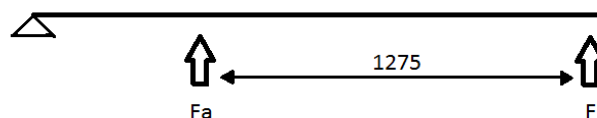


Ilustración 59: Esquema de aplicación de cargas en ensayo de elevación

En la palanca diseñada dicha distancia entre los puntos mencionados es 1275 mm.

En los cálculos, debido a las dimensiones de la placa de acoplamiento y a las dimensiones normalizadas de los soportes de los acoplamientos de quinta rueda la distancia entre el punto situado sobre el pivote y la zona de apoyo de la placa es de 425 mm.

A pesar de lo mostrado en la ilustración, en realidad la fuerza F_a es consecuencia de la aplicación de la fuerza F , pero el signo es el contrario al que se observa puesto que se trata de una fuerza de reacción que permite el equilibrio de momentos.

De esta forma, solo es necesario realizar un equilibrio de momentos en el punto de apoyo para obtener cual debe ser el valor de la fuerza F de acuerdo a la ilustración anterior y a las dimensiones indicadas.

$$F_a = 2,5 \times U \times g = 2,5 \times 20.000 \text{ Kg} \times 9,81 = 490,5 \text{ kN}$$

$$\sum M = F_a \times 475 - F \times 1700 = 0 \Rightarrow$$

$$F = 137 \text{ kN}$$

De acuerdo a la expresión anterior del equilibrio de momentos, independiente mente de por el lado por el cual se tomarán momentos flectores para hacer el diagrama correspondiente, la zona en la que es mayor este parámetro se en el punto donde se encuentra el pivote de acoplamiento, al igual que sucede con las fuerzas en el caso de el diagrama de esfuerzos cortantes.

$$M (\text{maximo}) = 0,475 \text{ m} \times F_a = 232,98 \text{ kNm}$$

$$Q (\text{máximo}) = 490,5 - 137 = 353,5 \text{ kN}$$

La tensión debida a esfuerzos flectores y las tensiones tangenciales debidas a esfuerzos cortantes, la sección transversal de la palanca será mayor en la zona situada sobre el pivote de acoplamiento.

Con estos pequeños cálculos realizados ya se puede comenzar el diseño de la pieza y demás aspectos relativos al análisis de resistencia mecánica.

Tensión de Von Mises

Como puede verse en la siguiente ilustración de las tensiones de Von Mises, las zonas más cercanas al punto donde se encontraría fijado el brazo de palanca mediante el pivote de acoplamiento es donde tienen lugar las mayores tensiones en la placa. Debido al material empleado, las máximas que tienen lugar en la pieza están muy por debajo del límite elástico, por lo que no deberían tener lugar problemas de rotura o similar durante los ensayos.

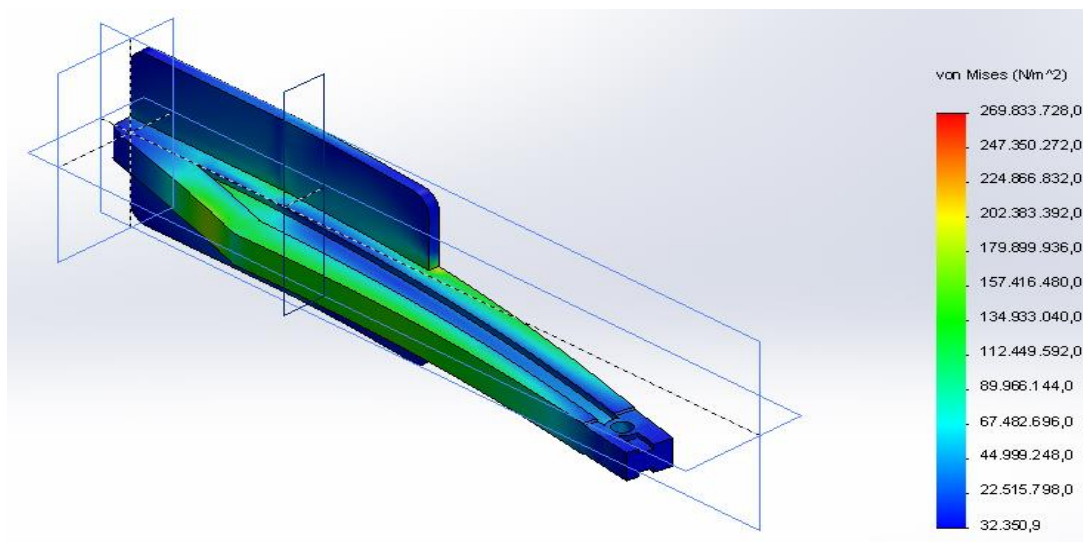


Ilustración 60: Tensión de Von Mises en palanca para ensayo de elevación (clase G)

Tensión máxima: 269,8 MPa

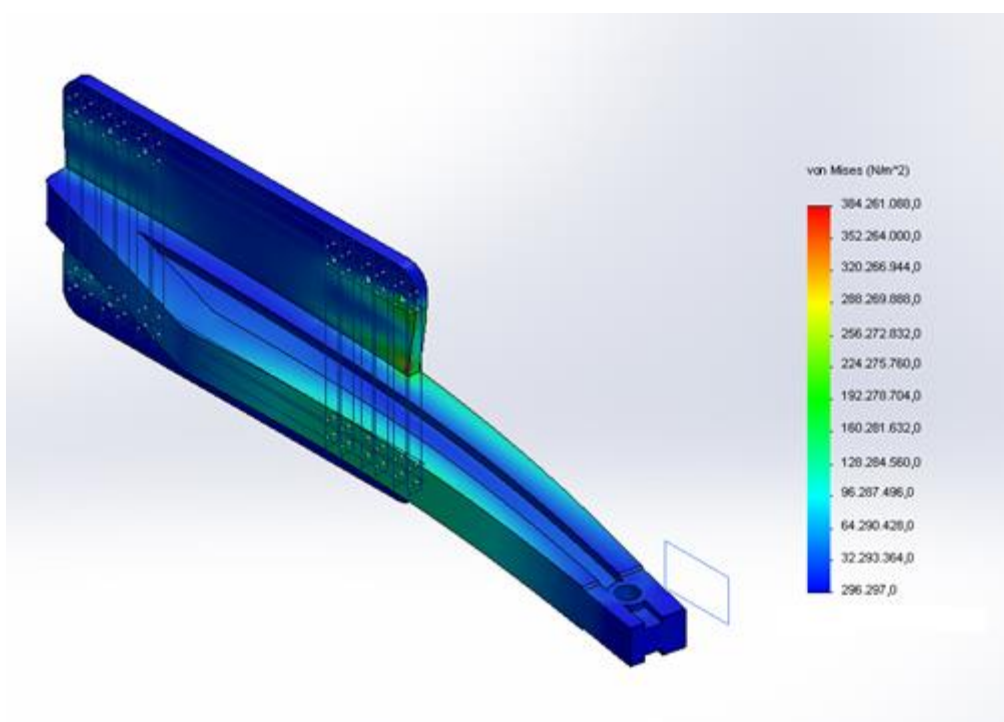


Ilustración 61: Tensión de Von Mises en palanca para ensayo de elevación (clase J)

Tensión máxima: 384,26 MPa

Desplazamientos

En la ilustración siguiente donde se muestran los desplazamientos se observa que los valores máximos se encuentran en la zona de aplicación de carga con un valor de casi 1 cm.

De todas formas, esto no perjudica la realización de los ensayos, ya que las zonas donde se acopla el pivote permanecen casi inmóviles, y debido a la longitud de la palanca y el valor de las cargas actuantes en su extremo es comprensible que experimente una mínima flexión que provoque los desplazamientos.

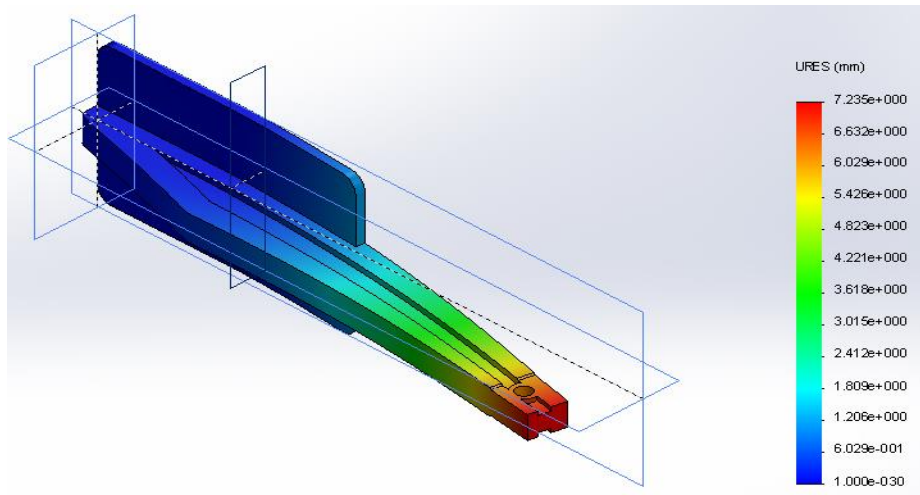


Ilustración 62: Desplazamientos en palanca para ensayo de elevación (clase G)

Desplazamiento máximo: 7,25 mm

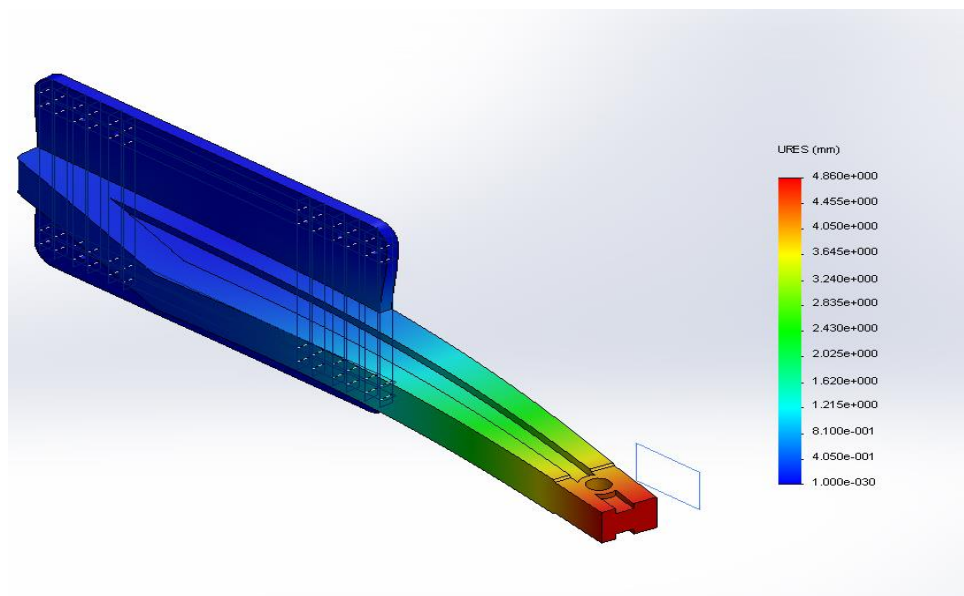


Ilustración 63: Desplazamientos en palanca para ensayo de elevación (clase J)

Desplazamiento máximo: 4,86 mm

Sujeciones y cargas

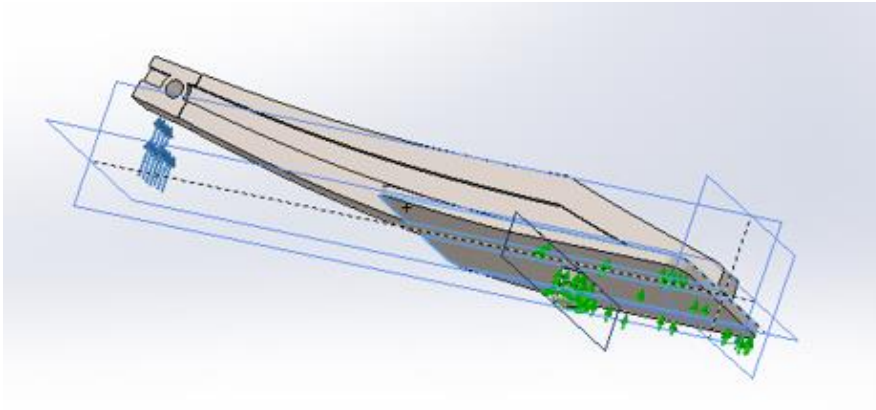


Ilustración 64: Cargas y sujeciones en palanca para ensayo de elevación

Las cargas con los valores mencionados se han aplicado de forma uniforme en el alojamiento del bulón que conecta esta palanca con el soporte de la palanca.

Las zonas donde se han establecido las sujeciones son en el rebaje inferior del pivote (tipo empotramiento) y en la superficie de la mitad de la cara inferior de la placa más alejado del punto de aplicación de la carga (tipo rodillo/apoyo)

Soporte para palanca de elevación

Soporte para palanca de elevación	
Propiedad	Valor
Material	Acero AISI 1040 (Revenido)
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Limite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	800 MPa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	15.75 Kg
Tipo de ensayo	Estático
Malla	12052 nodos
Carga/as actuantes	137 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	3,42

Tabla 13: Características de ensayo para soporte para palanca de elevación

La referencia de este dispositivo es “ENS-003”.

Cálculos y cargas

El cálculo de las cargas establecidas para esta pieza ha sido realizado en el apartado correspondiente a la “palanca para ensayo de elevación”. Esto es debido a que esta pieza simplemente es la encargada de transmitir las fuerzas calculadas previamente que en el apartado mencionado han sido simuladas

De esta forma, la carga aplicada de forma uniforme es de 137 kN.

Tensión de Von Mises

Como se puede observar en la siguiente ilustración, las mayores tensiones tienen lugar en las zonas de contacto donde irían situados los bulones correspondientes. Esto es debido a que para una misma carga a la que se encuentra sometida toda la pieza, son las zonas de menor sección, por lo que la tensión es mayor.

No obstante, al emplear el mismo material que para la palanca y ser las tensiones menores, el coeficiente de seguridad es ligeramente superior, por lo que el posible riesgo de rotura durante el ensayo es aún menor.

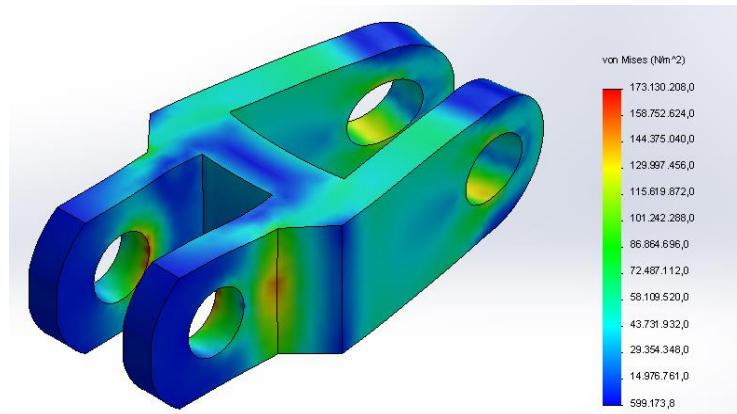


Ilustración 65: Tensión de Von Mises en soporte para palanca de ensayo de elevación

Tensión máxima: 173,13 Mpa

Desplazamientos

Como podría esperarse, los mayores desplazamientos tienen lugar en la zona cercana a los puntos de aplicación de las cargas, pero aun así son bastante pequeños, siendo sus máximos valores de 10^{-4} m por lo que no deberían dar lugar a problemas durante los ensayos.

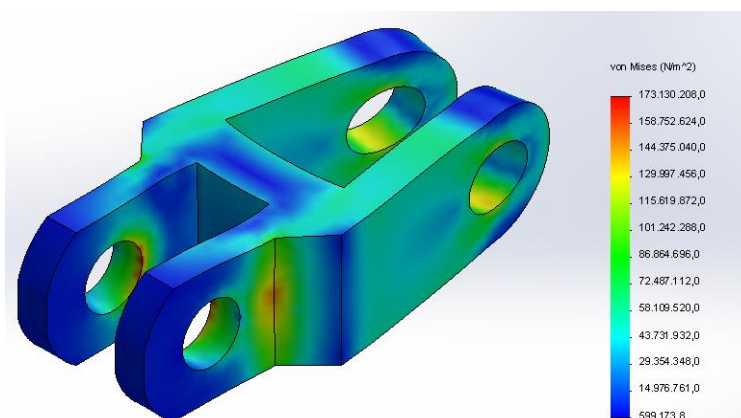


Ilustración 66: Desplazamientos en soporte para palanca de ensayo de elevación

Desplazamiento máximo: 0,147 mm

Sujeciones y cargas actuantes

Tanto la zona de aplicación de cargas como la de sujeción de la pieza llevan en su interior un bulón. En este caso, la carga se ha aplicado en una de ellas, y en la otra se ha puesto la condición de “pinned”, es decir, que se permite la rotación axial del bulón en su interior, de modo que se aproxime en mayor medida a la realidad.

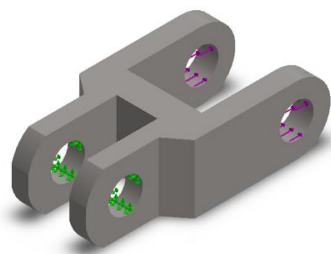


Ilustración 67: Cargas y sujeciones en soporte para palanca de ensayo de elevación

Bulón

Bulón	
Propiedad	Valor
Material	Acero
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	800 Mpa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	3.87 K11g
Tipo de ensayo	Estático
Malla	11523 nodos
Carga/as actuantes	137 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	2,14

Tabla 14: Características de ensayo para bulón

Cálculos y cargas

Como sucede de igual manera con el soporte, no es necesario volver a realizar un cálculo de las cargas a aplicar, pues por el principio de acción – reacción, el bulón experimentará una fuerza de igual valor que el soporte pero de sentido contrario, sometiendo a este a esfuerzos de cortadura.

De esta forma, el valor de la fuerza aplicada de forma uniforme sobre la zona en contacto con la palanca de elevación es de 137 kN.

Tensión de Von Mises

Como puede verse en la ilustración, las zonas donde cambian los apoyos son los puntos donde tienen lugar los mayores gradientes de tensiones. No obstante, debido al material empleado no es preocupante, puesto que las tensiones que se observan son inferiores al límite elástico del material empleado, logrando así que el coeficiente de seguridad sea superior a 1.

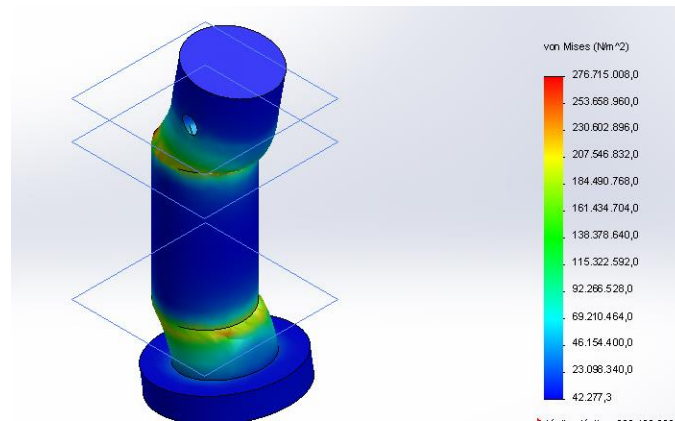


Ilustración 68: Tensión de Von Mises en bulón

Tensión máxima: 276,7 Mpa

Desplazamientos

Puesto que la superficie del bulón que está en contacto casi de forma total con otras superficies adyacentes, apenas experimenta deformaciones en su dirección radial, y por consecuencia también en su dirección axial. De hecho, como puede observarse en la siguiente ilustración los desplazamientos máximos son del orden de 10^{-5} m, por lo que podrían considerarse casi despreciables y no deberían afectar al correcto desarrollo de los ensayos.

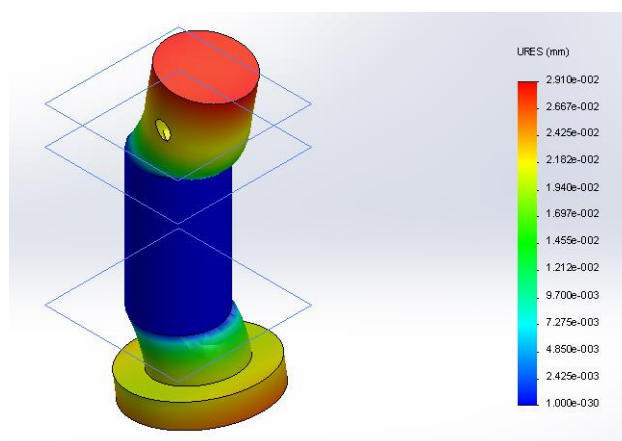


Ilustración 69: Desplazamientos en bulón

Desplazamiento máximo: 0,029 mm

Sujeciones y cargas actuantes

En este caso, las zonas en contacto con la palanca o con el actuador han sido los puntos donde se han aplicado las cargas de manera uniforme, mientras que las zonas de apoyo sobre el soporte de la palanca para ensayo de elevación se han establecido condiciones tipo “pinned”, es decir, que se permite la rotación axial del perno dentro del soporte.

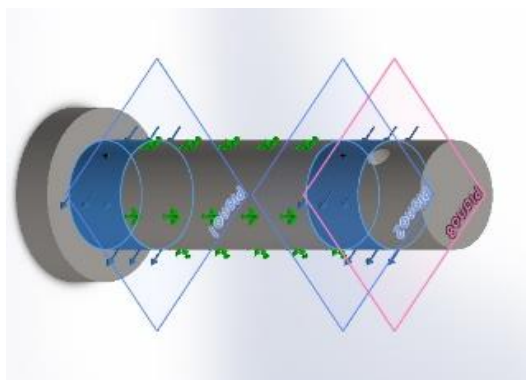


Ilustración 70: Cargas y sujeciones en bulón

Palanca para ensayo de flexión

Cálculos y cargas

Palanca para ensayo de flexión	
Propiedad	Valor
Material	Acero
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	800 MPa
Densidad	7850 kg/m ³
Masa	22,02 kg
Tipo de ensayo	Estático
Malla	13620 nodos
Carga/as actuantes	225 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	1,97

Ilustración 71: Características de ensayo para palanca para ensayo de flexión

La referencia de este dispositivo es “ENS-004”.

Las referencias tomadas para el diseño de este útil de ensayo están basadas en las indicaciones y restricciones que se menciona en el manual. Para el ensayo de flexión queda establecida la aplicación una fuerza mediante un brazo de palanca que logre ejercer un momento de $0,75m \times D$ sobre el centro del acoplamiento. No obstante, el brazo de palanca empleado debe tener una longitud de $0,5 m \pm 0,1 m$.

En el caso de la palanca diseñada, la longitud elegida para la distancia de aplicación de la fuerza en el brazo de palanca es de 0,5 m.

Para obtener la fuerza que es necesario aplicar, en este caso debe realizarse un equilibrio de momentos. De esta forma, empleando el valor del parámetro “D” obtenido al inicio de este apartado el resultado es el siguiente:

$$0,75 \times D = 0,5 \times F \Rightarrow F = 1,5 \times D = 1,5 \times 150 \text{ kN} = 225 \text{ kN}$$

Puesto que debido a las dimensiones de los acoplamientos de quinta rueda la palanca tendrá una mayor longitud que la zona donde parte de su superficie está apoyada. Esta situación ha se ha tratado de simular realizando sujeciones en la zona media de la palanca, lo que provoca esfuerzos de flexión en torno a ese punto.

Con la fuerza calculada, ya se puede proceder a analizar los distintos parámetros de interés para el diseño de la pieza.

Tensión de Von Mises

Como se puede ver en la siguiente ilustración, las zonas que se encuentran apoyadas sobre el acoplamiento de quinta rueda experimentan bajas tensiones como podría esperarse. Sin embargo, donde finaliza esta condición y tiene lugar la aplicación de la fuerza las tensiones son máximas aunque debido al límite elástico del material empleado no supone problema alguno en aspectos relativos a la resistencia mecánica.

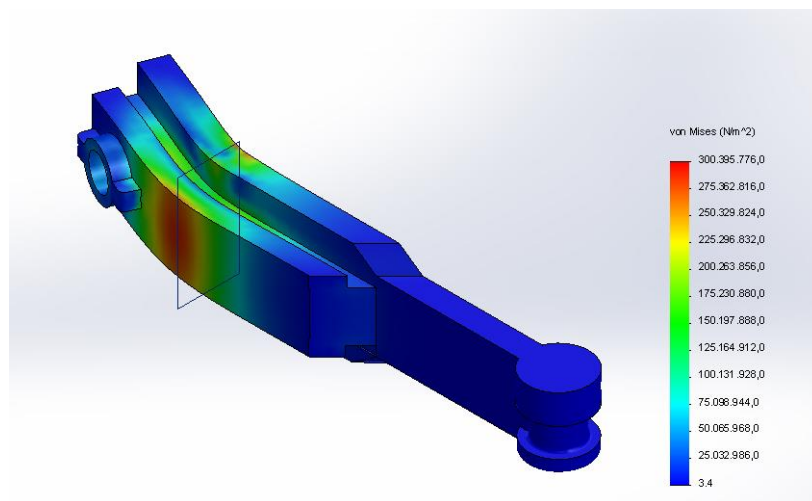


Ilustración 72: Tensión de Von Mises en palanca para ensayo de elevación

Tensión máxima: 300,4 Mpa

Desplazamientos

Como ya se comentaba en cierto modo en el apartado relativo a las tensiones de Von Mises los desplazamientos que tienen lugar en la zona donde no hay apoyo son mayores que en el resto de la pieza. No obstante, son muy pequeños para incluso llegar a despreciarse siendo de un orden de magnitud de 10^{-4} para el máximo desplazamiento.

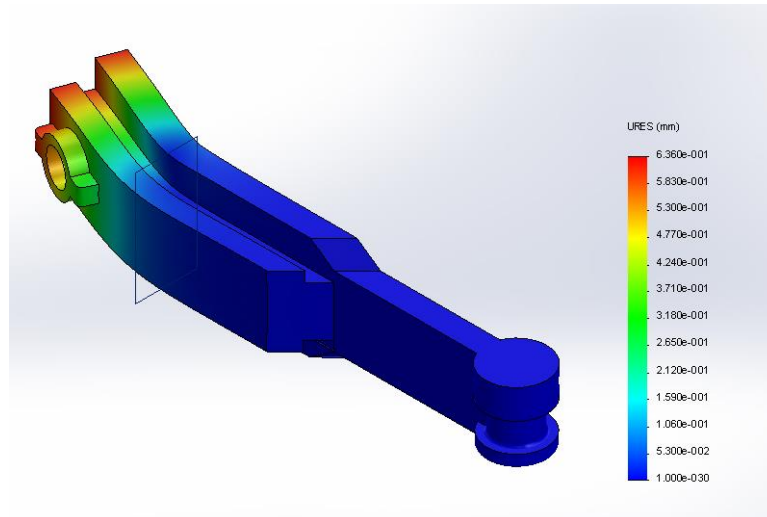


Ilustración 73: Desplazamientos en palanca para ensayo de flexión

Desplazamiento máximo: 0,63 mm

Sujeciones y cargas actuantes

Las sujeciones han sido establecidas mediante una condición de empujamiento en todas las zonas que se encuentran en contacto con el acoplamiento de quinta rueda, tanto el pivote como la cara plana que está en contacto con uno de los laterales.

La fuerza esta aplicada de forma uniforme en la zona circular señalada en color rojo, logrando así la ejecución del momento requerido.

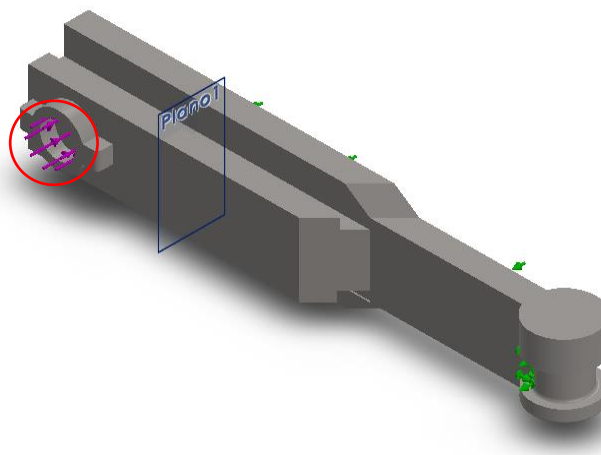


Ilustración 74: Cargas y sujeciones en palanca para ensayo de elevación

Útiles para ensayos dinámicos

Además del tipo de ensayos realizados para los útiles para ensayos estáticos, cuando tiene lugar la aplicación de cargas dinámicas puede aparecer un problema nuevo, el fenómeno de resonancia.

Esto tiene lugar cuando se aplican cargas sobre la piezas con frecuencias cercanas a las frecuencias naturales de dicha pieza. Las consecuencias de que la pieza entre en resonancia tiene grandes efectos negativos ya que con cargas menores a su límite elástico pueden provocar la rotura de esta.

De esta forma, se realizara un ensayo para determinar cuáles son las frecuencias naturales del útil diseñado para evitar que las frecuencias de aplicación de las cargas durante los ensayos dinámicos se encuentren fuera del rango de frecuencias naturales del útil.

Otro problema que se plantea es el fenómeno de fatiga, el cual tiene lugar cuando tiene lugar la aplicación de cargas de forma repetitiva. Aunque dependiendo del material este puede presentar diferentes comportamientos, todos los materiales sometidos a esta circunstancia experimentar una reducción significativa de su resistencia mecánica pudiendo llegar a romperse finalmente. [2]

Se distinguen principalmente tipos de materiales:

- Materiales que pasado un determinado número de ciclos de carga su tensión máxima de rotura se estabiliza. Por ejemplo, el acero.
- Materiales que a medida que aumenta el número de ciclos disminuye la tensión máxima de rotura sin llegar a estabilizarse para ningún valor y finalizan con la rotura. Por ejemplo, el aluminio.

Una forma más clara de explicar este fenómeno son las curvas S-N, que relacionan el valor de las cargas aplicadas con el logaritmo decimal del número de ciclos de carga.

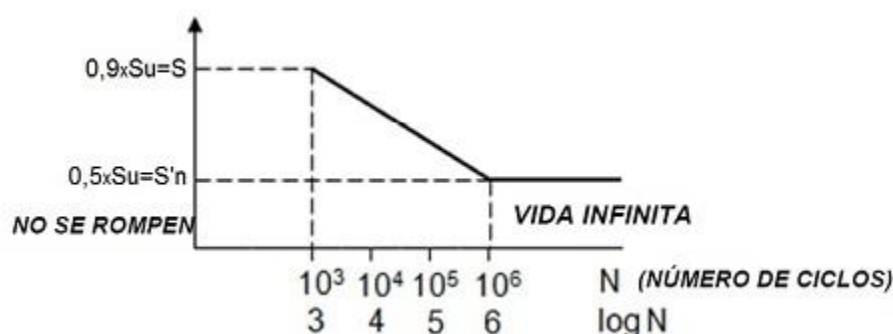


Ilustración 75: Diagrama S-N para el acero

Debido a la multitud de tipos de acero existentes, existen métodos empíricos para obtener la resistencia última. Para garantizar de forma más fiable que los útiles diseñados soportaran las condiciones de los ensayos a los que va a ser sometidos, se empleara el criterio de Goodman.

No obstante, antes de proceder con ello en cada uno de los útiles empleados, es necesario explicar algunos conceptos relacionados con las tensiones alternantes. Las tensiones alternantes son el principal factor que interviene en la aparición del fenómeno de fatiga, provocando la aparición y propagación de grietas.

En la siguiente ilustración se señalan los elementos principales:

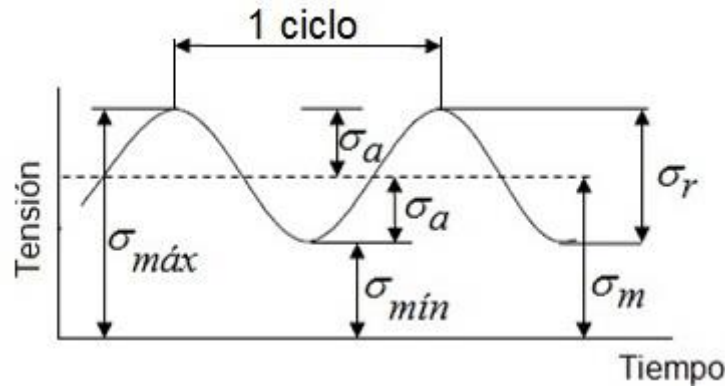


Ilustración 76: Tensiones alternantes

Donde:

- $\sigma_{mín}$ = tensión mínima
- $\sigma_{máx}$ = tensión máxima
- σ_a = amplitud de la tensión
- σ_m = tensión media o promedio
- σ_r = rango o recorrido de la tensión
- $\sigma_{mín}$ = tensión mínima
- $\sigma_r = \sigma_{máx} - \sigma_{mín}$
- $\sigma_m = (\sigma_{máx} + \sigma_{mín}) / 2$
- $\sigma_a = (\sigma_{máx} - \sigma_{mín}) / 2$

Cuando la tensión media es nula, puede tomarse como criterio general que la resistencia última antes de la rotura es equivalente a la mitad del valor de la tensión de rotura del material en condiciones estáticas (válido cuando $S_u < 1400$ MPa). También, si se dispone de una tabla S-N del material como la mostrada anteriormente, puede considerarse como límite de rotura el valor constante que se describe para un elevado número de ciclos de carga. [3]

No obstante, en muchas ocasiones la tensión media es no nula, y deben realizarse cálculos adicionales que permitan aproximar el comportamiento del material. La aplicación de cargas alternantes en estos casos, tiene como consecuencia la aparición de una tensión media, la cual, a medida que aumenta provoca la reducción del número de ciclos que resistirá el material antes de romper.

Llegado a este punto de estudio, resulta útil introducir otros dos parámetros como son el coeficiente de asimetría de la carga (R) y el coeficiente de amplitud (A), definidos como:

$$R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$$

$$A = \sigma_a / \sigma_m$$

Así, se tiene que es posible calcular la resistencia a fatiga bajo tensiones fluctuantes (con tensión media distinta de cero, $\sigma_m \neq 0$) corrigiendo el comportamiento del material mediante el cálculo de una tensión alterna equivalente, es decir, una tensión que aplicada con $R = -1$ lleve a una vida a fatiga igual que la carga considerada con la misma tensión media (σ_m) aplicada.

Habiendo presentado brevemente los conceptos anteriores, ya puede presentarse el modelo empírico de Goodman, cuya expresión es la siguiente:

$$S_n = \frac{\sigma_a}{1 - (\sigma_m / \sigma_u)}$$

- Donde S_n representa el límite de fatiga del material bajo una carga aplicada con coeficiente de asimetría $R = -1$, que es equivalente a una carga de tensión alterna (σ_a) con tensión media (σ_m).

Con lo explicado anteriormente y las correcciones oportunas para tener en cuenta la tensión media finalmente se obtiene la siguiente expresión:

$$S'_n = 0,5 \times S_u = \frac{\sigma_a}{1 - (\sigma_m / S_u)}$$

De la cual hay que despejar S_u para obtener la resistencia última que debe poder soportar el material para no romper con una para una duración de vida infinita. No obstante, el programa de simulación empleado realiza estos cálculos de forma automática.

Después, en la aplicación de estos valores a las piezas reales, estos pueden cambiar debido a aspectos relacionados con los acabados superficiales, la temperatura de ensayo o los radios de acuerdo entre secciones entre otros. A los coeficientes que intervienen en la modificación de estos valores se los conoce como coeficientes de Marin. [3]

No obstante, son difíciles de aplicar a piezas de geometría compleja, por lo que para reducir este efecto, se emplearán coeficientes de seguridad mayores, además de que el programa de simulación tiene en cuenta algunos de estos efectos.

El material empleado para los útiles destinados a ser empleados en ensayos dinámicos es un acero con denominación ANSI 2340, con un buen comportamiento bajo cargas cíclicas y cuya curva S-N para cargas alternas con el parámetro $R=-1$ se muestra a continuación:

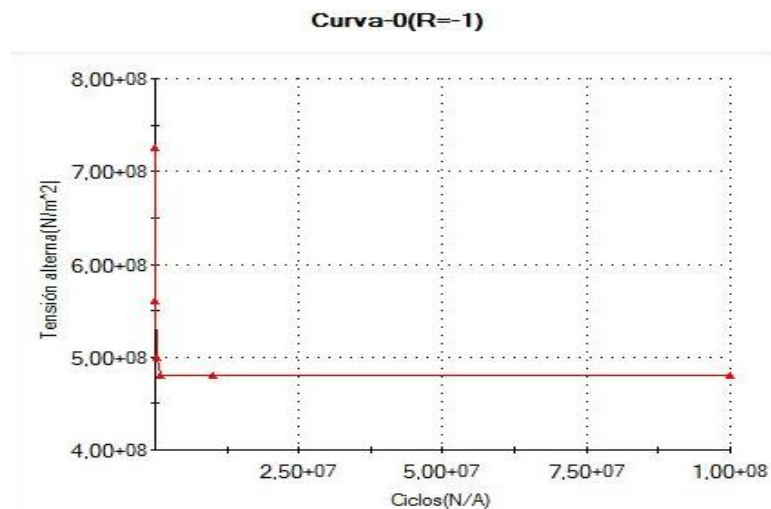


Ilustración 77: Curva S-N acero ANSI 2340

Con esta curva, el programa SolidWorks simula la aplicación de la cantidad especificada de ciclos de carga y se aplican correcciones a esta cuando la carga media aplicada es no nula.

Para para el marco de ensayo, se ha empleado Acero S 275 JR con una resistencia mínima de rotura de 410 MPa. DE este acero no se dispone de una curva S-N, aunque por las simplificaciones mencionadas anteriormente, puede establecerse que la curva S-N del acero se vuelve estable para valores de $0,5 * S_u$ (con valor medio nulo y sin corregir), de modo que alcanzaría una cifra mínima de 205 MPa. [4]

Placa para aplicación de cargas verticales

Placa para aplicación de cargas verticales	
Propiedad	Valor
Material	Acero ANSI 2340
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 Mpa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	58.87 Kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	16109 nodos
Carga/as actuantes	235,2 kN; 78,4 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	2,92

Tabla 15: Características de ensayo de útil para aplicación de cargas verticales

La referencia de este dispositivo es “ENS-005”.

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	0
2	0
3	8.3538e-005
4	0.00020206
5	0.000436
6	0.00050004
7	255.93
8	392.11
9	406.58
10	499.38

Tabla 16: Frecuencias naturales de placa para aplicación de cargas verticales

Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Cálculos y cargas

Las cargas empleadas para este ensayo han sido las mismas que las que el reglamento establece de forma explícita, independientemente del valor aportado por el fabricante de un valor para el parámetro “D” de 150 kN y un parámetro “U” de 20 toneladas. Para el caso de las cargas verticales solo es necesario el parámetro “U”, y las cargas oscilan entre $1,2 \times U \times 9,8$ y $0,4 \times U \times 9,8$, es decir, entre 235,2 kN y 78,4 kN, ambas a compresión.

A diferencia del resto, en este caso no se trata de una carga alternante, sino de una carga fluctuante con un valor medio de 158,6 kN. Este hecho modifica la curva S-N del material empleado, como se explicó anteriormente, pero durante la simulación, el programa se encarga de corregirlo automáticamente.

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

A continuación se muestran los diagramas de tensiones para los casos de carga máxima y carga mínima para la ejecución de un ciclo.

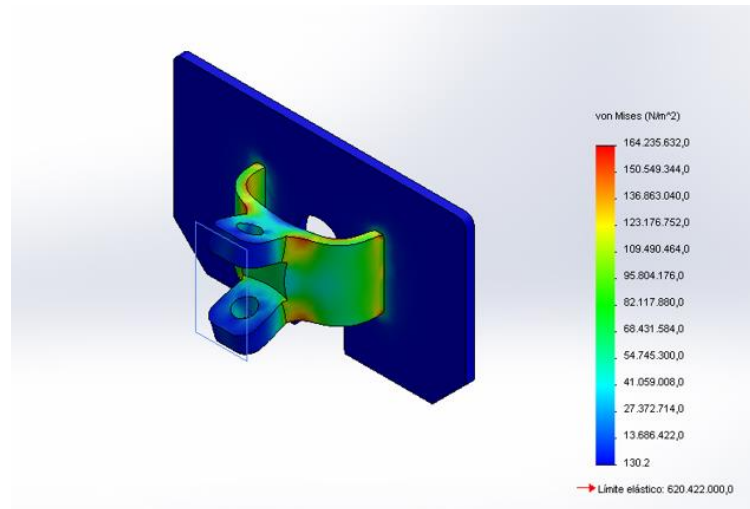


Ilustración 78: Diagrama tensional de ensayo de fatiga en útil para carga vertical 5ª rueda

Tensión máxima (con la mayor carga aplicada): 164,24 MPa

Calculado lo anterior, se ha procedido a la simulación mediante un programa CAE y la curva S-N correspondiente un ensayo a fatiga para 10^8 ciclos. Como puede comprobarse, la pieza ha sido diseñada para que esté muy por debajo del límite de rotura estimado. Esto se debe a que la solución aportada en estos casos es susceptible de tener una mínima incertidumbre, aunque en este caso, al ser ciclos de compresión, la aparición de grietas y su crecimiento no está favorecido, lo que puede alargar la vida del útil.

Además, este útil se empleará en multitud de ocasiones y cada vez que se utiliza supone 10^6 ciclos de carga, lo que en cierto modo supone una acumulación de daño y puede provocar la aparición y propagación de grietas. De esta forma, el útil supera con éxito el número de ciclos simulado garantizando la seguridad de su utilización y su durabilidad.

Desplazamientos

Como se muestran el diagrama siguiente, los desplazamientos que tienen lugar sobre el útil durante la aplicación de la carga son muy pequeños. Esto se debe principalmente al sobredimensionamiento de la pieza que va a ser sometida a un elevado número de ciclos

de carga, por lo que debido a la acumulación de daños, su límite de rotura es muy inferior en comparación con una prueba estática.

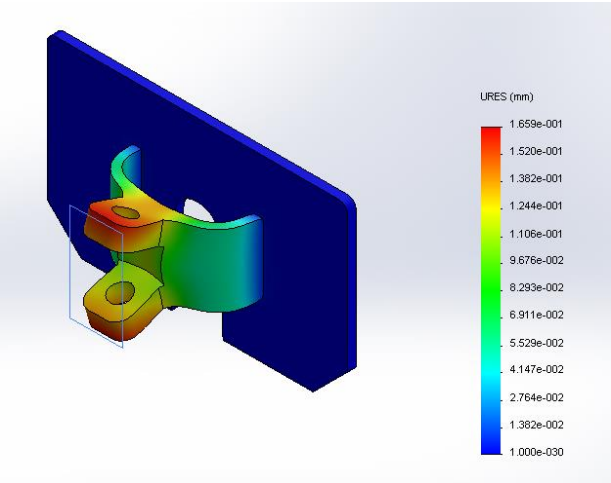


Ilustración 79: Desplazamientos máximos ensayo de fatiga en útil para carga vertical 5ª rueda

Desplazamiento máximo: 0,166 mm

Viendo los rangos de magnitud, puede decirse que los desplazamientos son casi despreciables, y no deberían afectar a la correcta utilización del útil durante los ensayos. Los desplazamientos mostrados en el diagrama se corresponden con la carga máxima, por lo que los que si estos no suponen un problema, no lo supondrán desplazamientos menores.

Útil para aplicación de cargas horizontales

Útil para aplicación de cargas horizontales	
Propiedad	Valor
Material	Acero ANSI 2340
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Limite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 Mpa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	45,5 Kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	14382 nodos
Carga/as actuantes	101,25 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	2

Tabla 17: Características de ensayo de útil para aplicación de cargas horizontales

La referencia de este dispositivo es “ENS-006”.

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	0
2	0
3	0
4	0.00025341
5	0.00038721
6	0.00062865
7	1206.2
8	1265.3
9	1652.8
10	2164.3

Tabla 18: Frecuencias naturales de útil para cargas horizontales

Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Cálculos y cargas

Las cargas empleadas para este ensayo han sido las mismas que las que el reglamento establecía para las cargas horizontales del ensayo dinámico de fatiga en los acoplamientos de quinta rueda. En este caso, el valor de parámetro “D” es de 150 kN, pero la fuerza aplicada durante el ensayo lleva un coeficiente de reducción de 0,6, por lo que las cargas alternantes han sido de ± 90 kN.

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

A continuación se muestran los picos de tensiones para los casos de carga máxima y carga mínima para la ejecución de un ciclo.

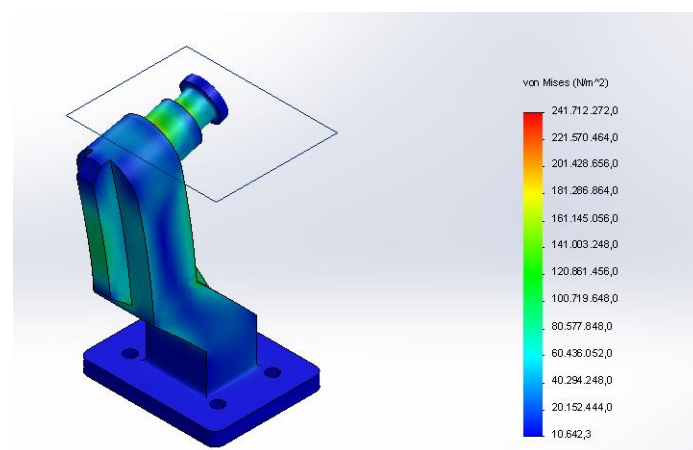


Ilustración 80: Diagrama tensional de ensayo de fatiga en útil para carga horizontal 5ª rueda

Tensión máxima de Von Mises: 241,7 MPa

Calculado lo anterior, se ha procedido a la simulación mediante un programa CAE y la curva S-N correspondiente un ensayo a fatiga para 10^8 ciclos. Como puede comprobarse, la pieza ha sido diseñada para que esté muy por debajo del límite de rotura estimado. Esto se debe a que la solución aportada en estos casos es susceptible de tener una mínima incertidumbre.

Además, este útil se empleará en multitud de ocasiones y cada vez que se utiliza supone 10^6 ciclos de carga, lo que en cierto modo supone una acumulación de daño y puede provocar la aparición y propagación de grietas. De esta forma, el útil supera con éxito el número de ciclos simulado garantizando la seguridad de su utilización y su durabilidad.

Como puede verse en este caso el índice de seguridad es menor a pesar de encontrarse distanciado del límite de rotura. Esto se debe a la geometría del acoplamiento, que por su forma es complicado reducir las tensiones que se generan.

Desplazamientos

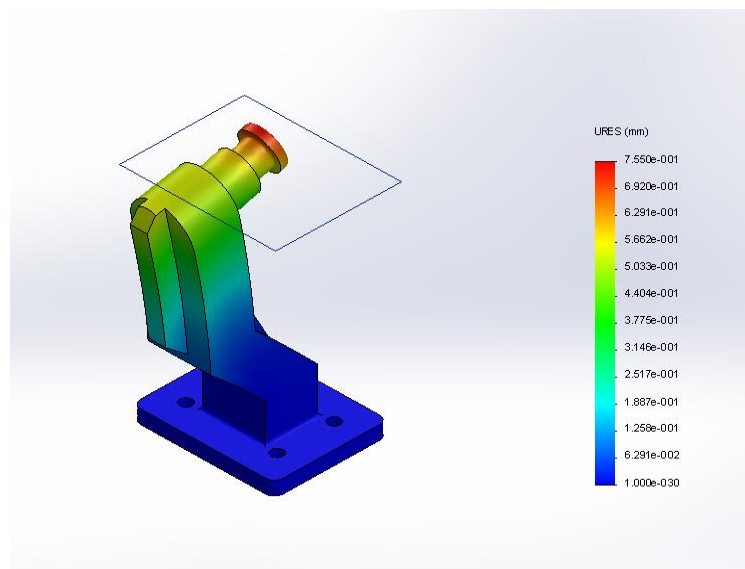


Ilustración 81: Diagrama de desplazamientos de útil para carga horizontal de 5ª rueda

Desplazamiento máximo: 0,755 mm

Como se muestran el diagrama siguiente, los desplazamientos que tienen lugar sobre el útil durante la aplicación de la carga son muy pequeños. Esto se debe principalmente al sobredimensionamiento de la pieza que va a ser sometida a un elevado número de ciclos de carga, por lo que debido a la acumulación de daños, su límite de rotura es muy inferior en comparación con una prueba estática.

Viendo los rangos de magnitud, puede decirse que los desplazamientos son casi despreciables, y no deberían afectar a la correcta utilización del útil durante los ensayos.

Dispositivos para pivotes de quinta rueda

Útil para aplicación de cargas en pivotes de quinta rueda	
Propiedad	Valor
Material	Acero ANSI 2340
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 MPa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	25,42 Kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	13663
Carga/as actuantes	±90 kN
Coeficiente de seguridad mínimo	3,51

Tabla 19: Características de útil para aplicación de cargas en pivotes de 5ª rueda

La referencia de este dispositivo es “ENS-007”.

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	0
2	0
3	0.00034966
4	0.00048687
5	0.00063853
6	0.00073351
7	935.51
8	1054.9
9	1456.2
10	2030.1

Tabla 20: Frecuencias naturales de útil para pivotes de quinta rueda

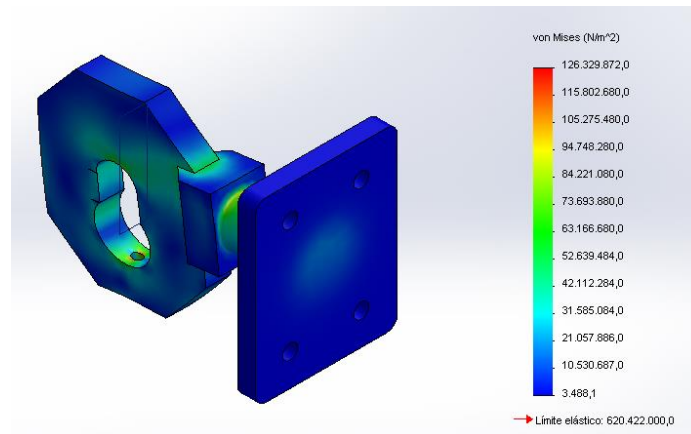
Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Cálculos y cargas

Las cargas empleadas para este ensayo han sido las mismas que las que el reglamento establecía para las cargas horizontales del ensayo dinámico de fatiga en los acoplamientos de quinta rueda. En este caso, el valor de parámetro “D” es de 150 kN, pero la fuerza aplicada durante el ensayo lleva un coeficiente de reducción de 0,6, por lo que las cargas alternantes han sido de ± 90 kN.

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

A continuación se muestran los picos de tensiones para los casos de carga máxima y carga mínima para la ejecución de un ciclo.



Tensión máxima de Von Mises: 136,32 Mpa

Calculado lo anterior, se ha procedido a la simulación mediante un programa CAE y la curva S-N correspondiente un ensayo a fatiga para 10^8 ciclos. Como puede comprobarse, la pieza ha sido diseñada para que esté muy por debajo del límite de rotura estimado. Esto se debe a que la solución aportada en estos casos es susceptible de tener una mínima incertidumbre.

Además, este útil se empleará en multitud de ocasiones y cada vez que se utiliza supone 10^6 ciclos de carga, lo que en cierto modo supone una acumulación de daño y puede provocar la aparición y propagación de grietas. De esta forma, el útil supera con éxito el número de ciclos simulado garantizando la seguridad de su utilización y su durabilidad.

Desplazamientos

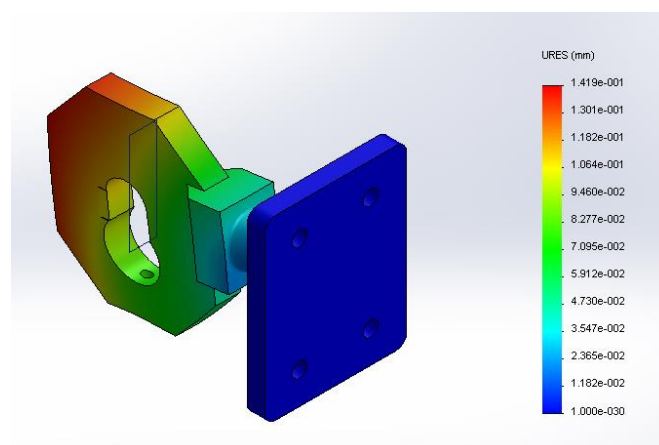


Ilustración 82: Diagrama de desplazamientos de útil para pivotes de 5ª rueda

Desplazamiento máximo: 0,142 mm

Como se muestran el diagrama anterior, los desplazamientos que tienen lugar sobre el útil durante la aplicación de las carga son muy pequeños. Esto se debe principalmente al sobredimensionamiento de la pieza que va a ser sometida a un elevado número de ciclos de carga, por lo que debido a la acumulación de daños, su límite de rotura es muy inferior en comparación con una prueba estática.

Los desplazamientos observados no deberían afectar a la correcta utilización del útil durante los ensayos.

Dispositivos para bolas de remolque

Útil para aplicación de cargas	
Propiedad	Valor
Material	Acero ANSI 2340
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 Mpa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	8,2 Kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	17610 nodos
Carga/as actuantes	± 19 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	5,6

Tabla 21: Características de ensayo de útil para aplicación de cargas en bolas de remolque

La referencia de este dispositivo es “ENS-008”.

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0.00078712
6	0.0029052
7	1830
8	2373.5
9	2658.4
10	2762.3

Tabla 22: Frecuencias naturales de útil para bolas de remolque

Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Cálculos y cargas

Las cargas empleadas para este ensayo han las correspondientes a los acoplamientos pertenecientes a la clase A50-5, con un valor del parámetro “D” de 30 kN. No obstante, las cargas aplicadas de carácter alternante variaban entre $\pm 0,6 D$, de modo que finalmente los valores de la fuerza aplicada han sido de ± 19 kN.

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

A continuación se muestran los picos de tensiones para los casos de carga máxima y carga mínima para la ejecución de un ciclo.

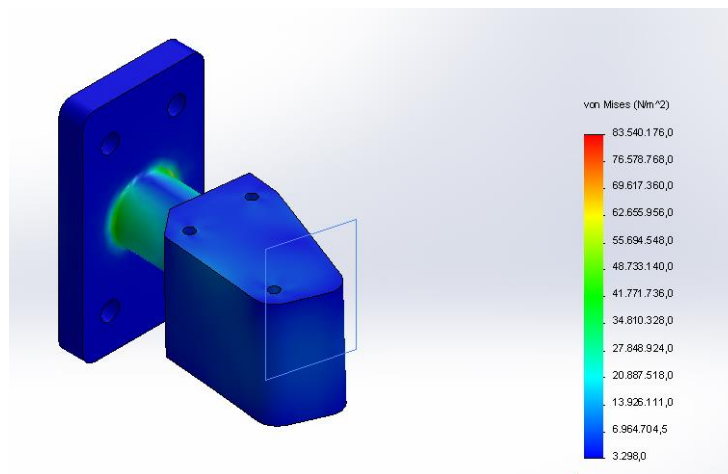


Ilustración 83: Diagrama de tensiones de Von Mises de útil para bolas de remolque

Tensión máxima de Von Mises: 83,54 MPa

Calculado lo anterior, se ha procedido a la simulación mediante un programa CAE y la curva S-N correspondiente un ensayo a fatiga para 10^8 ciclos. Como puede comprobarse, la pieza ha sido diseñada para que esté muy por debajo del límite de rotura estimado. Esto se debe a que la solución aportada en estos casos es susceptible de tener una mínima incertidumbre.

Además, este útil se empleará en multitud de ocasiones y cada vez que se utiliza supone 10^6 ciclos de carga, lo que en cierto modo supone una acumulación de daño y puede provocar la aparición y propagación de grietas. De esta forma, el útil supera con éxito el número de ciclos simulado garantizando la seguridad de su utilización y su durabilidad.

Desplazamientos

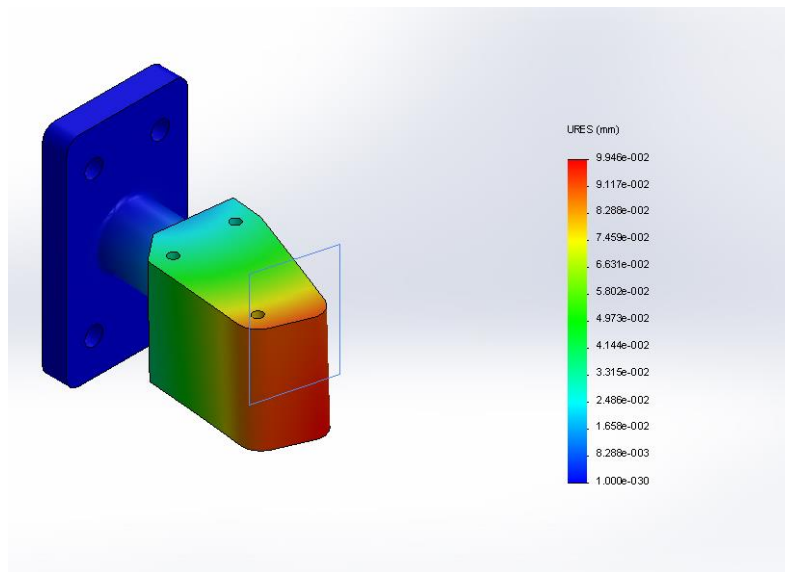


Ilustración 84: Diagrama de desplazamientos de útil para bolas de remolque

Desplazamiento máximo: 0,099 mm

Como se muestran el diagrama anterior, los desplazamientos que tienen lugar sobre el útil durante la aplicación de las carga son muy pequeños. Esto se debe principalmente al sobredimensionamiento de la pieza que va a ser sometida a un elevado número de ciclos de carga, por lo que debido a la acumulación de daños, su límite de rotura es muy inferior en comparación con una prueba estática.

Viendo los rangos de magnitud, puede decirse que los desplazamientos son casi despreciable, y no deberían afectar a la correcta utilización del útil durante los ensayos.

Útil de acoplamiento

Útil de acoplamiento	
Propiedad	Valor
Material	Acero ANSI 2340
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 Mpa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	13,06 Kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	15269 nodos
Carga/as actuantes	± 114 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	5,65

Tabla 23: Características de ensayo de útil de acoplamiento

La referencia de este dispositivo es “ENS-009”.

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	0
2	0
3	0
4	0.0003206
5	0.00059869
6	0.00087604
7	2109.3
8	2835.7
9	3171.4
10	3901.8

Tabla 24: Frecuencias naturales de útil de acoplamiento

Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Cargas y cálculos

Las cargas empleadas para este ensayo han las correspondientes a las cargas que pueden ser aplicadas sobre ganchos de remolque de la clase C50-7, con un valor del parámetro “D” de 190 kN, que con el coeficiente de carga que se indica se corresponde con una carga de 114 kN. Se han simulado 10^7 ciclos de carga, y como el valor medio es nulo, no ha sido necesario que el programa realizara cálculos adicionales.

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

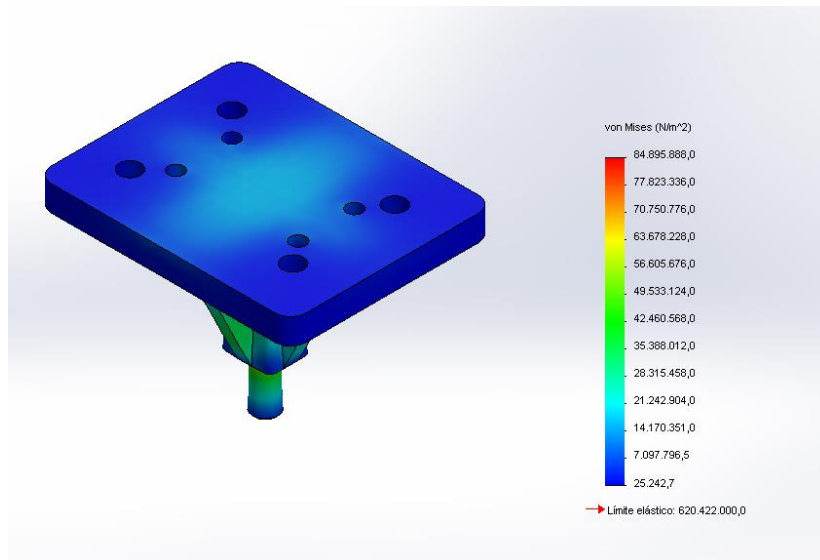


Ilustración 85: Diagrama de tensiones de Von Mises de útil de acoplamiento

Tensión máxima de Von Mises: 84,89 MPa

Calculado lo anterior, se ha procedido a la simulación mediante un programa CAE y la curva S-N correspondiente un ensayo a fatiga para 10^8 ciclos. Debido al elevado número de ciclos de tracción y compresión a los que va a ser sometido este útil, es conveniente que los esfuerzos que soporte el material estén lo más alejados posible del límite de rotura. Se trata de uno de los elementos más empleados.

Además, este útil se empleará en multitud de ocasiones y cada vez que se utiliza supone 2×10^6 ciclos de carga, lo que puede provocar la aparición y propagación de grietas. De esta forma, el útil supera con éxito el número de ciclos simulado garantizando la seguridad de su utilización y su durabilidad.

Desplazamientos

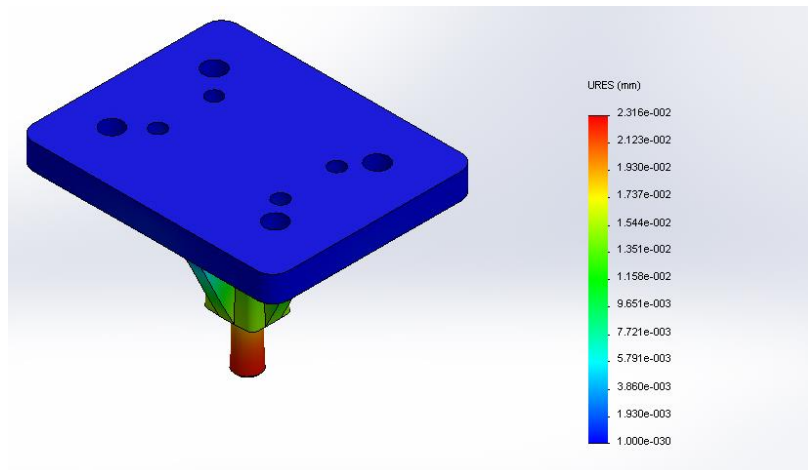


Ilustración 86: Diagrama de desplazamientos de útil para acoplamiento

Desplazamiento máximo: 0,023 mm

Como se muestran el diagrama siguiente, los desplazamientos que tienen lugar sobre el útil durante la aplicación de las carga son muy pequeños. Esto se debe principalmente al sobredimensionamiento de la pieza que va a ser sometida a un elevado número de ciclos de carga, por lo que debido a la acumulación de daños, su límite de rotura es muy inferior en comparación con una prueba estática.

Viendo los rangos de magnitud, puede decirse que los desplazamientos son casi despreciable, y no deberían afectar a la correcta utilización del útil durante los ensayos.

Fijaciones

Soporte pesado

Soporte pesado	
Propiedad	Valor
Material	Acero ANSI 2340
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 Mpa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	44,08 kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	17239 nodos
Carga/as actuantes	± 114 kN; 9,8± 45 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	3,27

Tabla 25: Características de ensayo para soporte pesado

La referencia de este dispositivo es “ENS-010”.

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	0
2	0
3	0
4	0.000205
5	0.000234
6	0.000579
7	589.37
8	1039
9	1516.2
10	1694.6

Tabla 26: Frecuencias naturales de soporte pesado

Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Cargas y cálculos

Las cargas empleadas para simular el comportamiento de esta pieza diseñada se corresponden con las empleadas para ganchos de remolque de la clase C 50-7, de modo que los valores de tensiones y desplazamientos obtenidos para el ensayo realizado son los máximo que podrán tener lugar. Se trata de fuerzas alternantes horizontales de ± 114 kN con valor medio nulo, y fuerzas verticales alternantes de ± 45 kN y 9,8 kN de valor

medio. Las fijaciones se han establecido en el entorno de los orificios destinados para ello para tratar de aproximar lo más posible a la realidad.

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

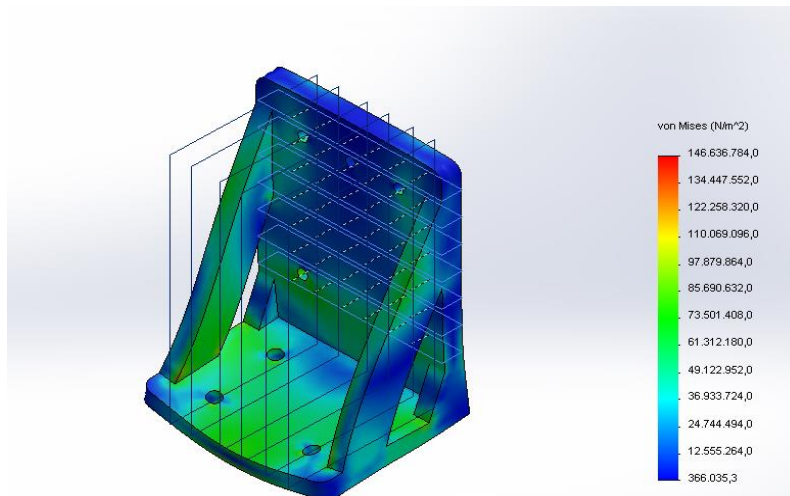


Ilustración 87: Diagrama de tensiones de Von Mises del soporte grande

Tensión máxima de Von Mises: 146,63 Mpa

Las tensiones alcanzas están muy por debajo del límite de rotura del material para el numero de ciclos de carga indicado con la intención de minimizar la aparición de grietas y su propagación, aumentar la vida útil del soporte y minimizar riesgos de posibles diferencias respecto a un modelo real. Las mayores tensiones tienen lugar en las zonas cercanas a las fijaciones y las zonas de aplicación de la carga.

Desplazamientos

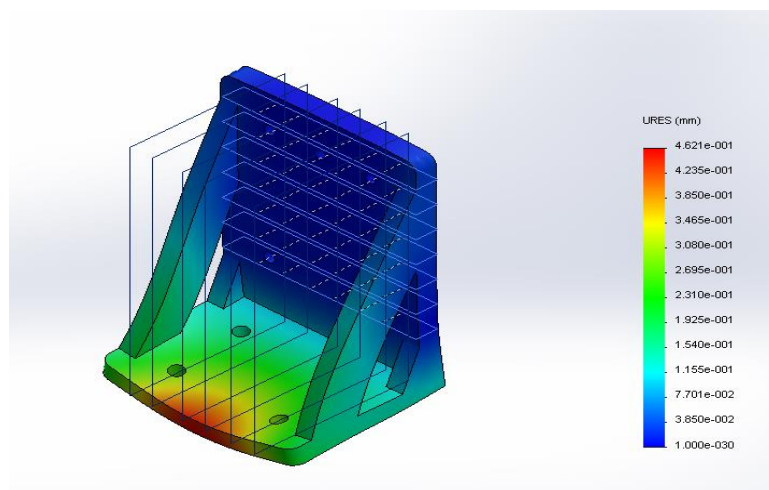


Ilustración 88: Diagrama de desplazamientos de soporte grande

Desplazamiento máximo: 0,46 mm

Se observa que los desplazamientos son bastante pequeños y estos aumentan en la zona de aplicación de cargas que menos reforzada se encuentra, por lo que la facilidad para deformarla es mayor.

Soporte ligero

Soporte ligero	
Propiedad	Valor
Material	Acero ANSI 2340
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 MPa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	35,12 kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	17025 nodos
Carga/as actuantes	± 60 kN ; $9,8 \pm 21$ kN
Coefficiente de seguridad mínimo	4,5

Tabla 27: Características de ensayo para soporte ligero

La referencia de este dispositivo es “ENS-011”.

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	0
2	0
3	0.000103
4	0.0001457
5	0.0004802
6	0.0006878
7	596.1
8	940.72
9	1321.8
10	1339

Tabla 28: Frecuencias naturales de soporte ligero

Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Cargas y cálculos

Las cargas empleadas para simular el comportamiento de esta pieza diseñada se corresponden con las empleadas para ganchos de remolque de la clase C 50-4, de modo que los valores de tensiones y desplazamientos obtenidos para el ensayo realizado son los máximo que podrán tener lugar. Se trata de fuerzas alternantes horizontales de ± 114 kN con valor medio nulo, y fuerzas verticales alternantes de ± 45 kN y 9,8 kN de valor medio. Las fijaciones se han establecido en el entorno de los orificios destinados para ello para tratar de aproximar lo más posible a la realidad.

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

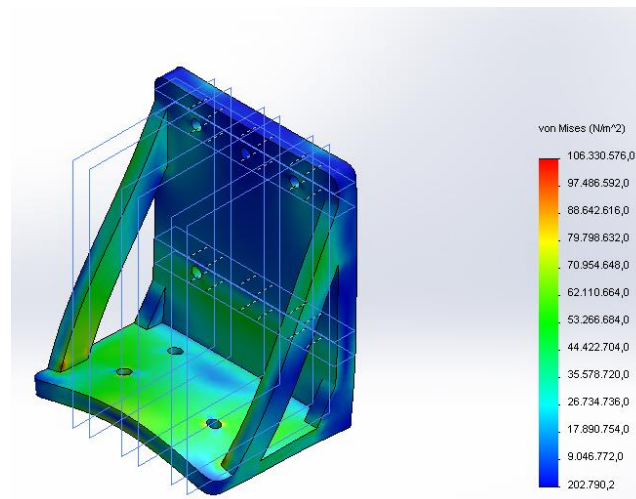


Ilustración 89: Diagrama de tensiones de Von Mises del soporte pequeño

Tensión máxima de Von Mises: 106,33 Mpa

Las tensiones alcanzas están muy por debajo del límite de rotura del material para el numero de ciclos de carga indicado con la intención de minimizar la aparición de grietas y su propagación, aumentar la vida útil del soporte y minimizar riesgos de posibles diferencias respecto a un modelo real. Las mayores tensiones tienen lugar en las zonas cercanas a las fijaciones y las zonas de aplicación de la carga.

Desplazamientos

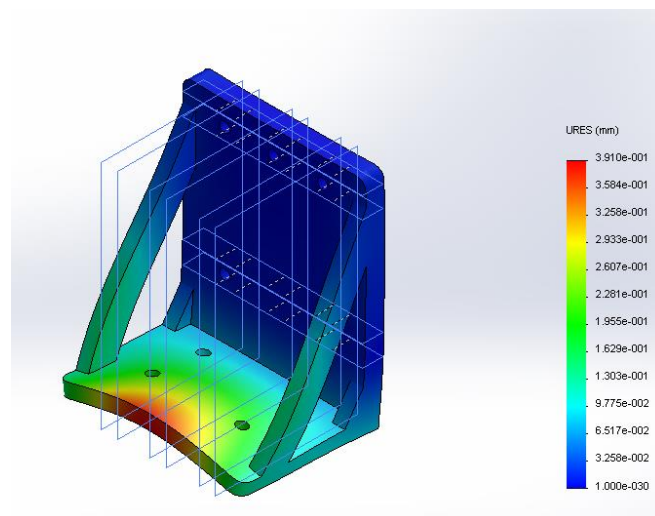


Ilustración 90: Diagrama de desplazamientos de soporte pequeño

Desplazamiento máximo: 0,391 mm

Se observa que los desplazamientos son bastante pequeños y estos aumentan en la zona de aplicación de cargas que menos reforzada se encuentra, por lo que la facilidad para deformarla es mayor.

Soporte para pivote de quinta rueda

Soporte para pivote de quinta rueda	
Propiedad	Valor
Material	Acero ANSI 2340
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 Mpa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	35,12 kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	17849 nodos
Carga/as actuantes	±114 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	3,5

Tabla 29: Características de ensayo de soporte para pivote de quinta rueda

La referencia de este dispositivo es “ENS-012”.

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	0
2	0
3	0.00028
4	0.00038
5	0.00049
6	0.00052
7	449.86
8	450.44
9	1164.4
10	1202.3

Tabla 30: Frecuencias naturales de soporte para pivote de quinta rueda

Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Es necesario realizar una breve aclaración: este soporte ha sido diseñado para los pivotes de quinta rueda que van fijados mediante tornillos, de modo que para poder realizar ensayos sobre aquellos que van soldados, el fabricante deberá proveer de las piezas necesarias para su instalación en el banco de pruebas, aunque sea un soporte simple soldado.

Cargas y cálculos

A diferencia de otros soportes, el diseñado para ensayar los pivotes de quinta rueda solo soportará únicamente las cargas para las que ha sido diseñado, por lo que puede resultar más óptimo en ese aspecto. Ha sido sometido al mismo número de ciclos que los otros tipos de soporte pero con una carga alternante de 114 kN aplicada de forma transversal sobre los orificios de fijación del pivote.

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

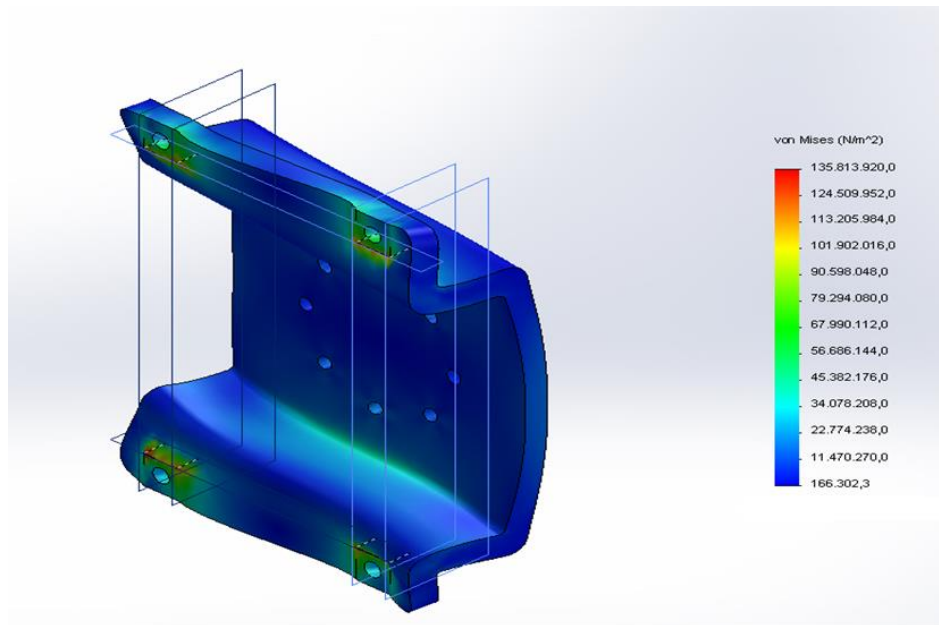


Ilustración 91: Diagrama de tensiones de Von Mises de soporte para pivote de quinta rueda

Tensión máxima de Von Mises: 135,81 Mpa

Las tensiones alcanzadas están por debajo del límite de rotura del material para el número de ciclos de carga indicado con la intención de minimizar la aparición de grietas y su propagación, aumentar la vida útil del soporte y minimizar riesgos de posibles diferencias respecto a un modelo real. Las mayores tensiones tienen lugar en las zonas cercanas a las fijaciones y las zonas de aplicación de la carga.

Desplazamientos

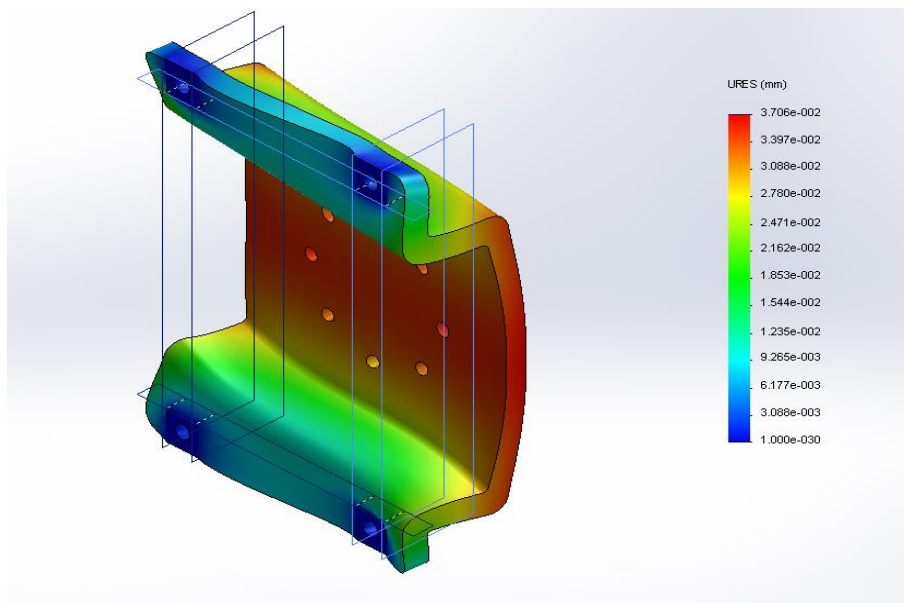


Ilustración 92: Diagrama de desplazamientos de soporte para pivote de quinta rueda

Desplazamiento máximo: 0,037 mm

Al encontrarse tan sobredimensionado y tener una gran sección transversal a las fuerzas aplicadas, los desplazamientos que se experimentan son mínimos y no afectan negativamente al desarrollo correcto del ensayo. Como podría esperarse, los mayores desplazamientos tienen lugar en la sección central, lugar donde se concentran todas las cargas.

Soporte para anillos de remolque

Soporte para anillos de remolque	
Propiedad	Valor
Material	Acero ANSI 2340
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Limite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 Mpa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	19,75 kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	17198 nodos
± 114 kN; 9,8± 45 kN	± 78 kN; 9,8± 45 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	3,33

Tabla 31: Características de ensayo para soporte para anillos de remolque

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	0
2	0
3	0.0002
4	0.00028
5	0.00038
6	0.00056
7	630.5
8	1144.8
9	1402.8
10	1658.4

Tabla 32: Frecuencias naturales de soporte para anillos de remolque

Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Cargas y cálculos

Al igual que sucedía con el soporte para pivotes de quinta rueda, este útil será solo empleado para la fijación de los anillos de remolque normalizados, tanto los fijados mediante rosca, como los fijados mediante tornillos. Ha sido sometido al

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

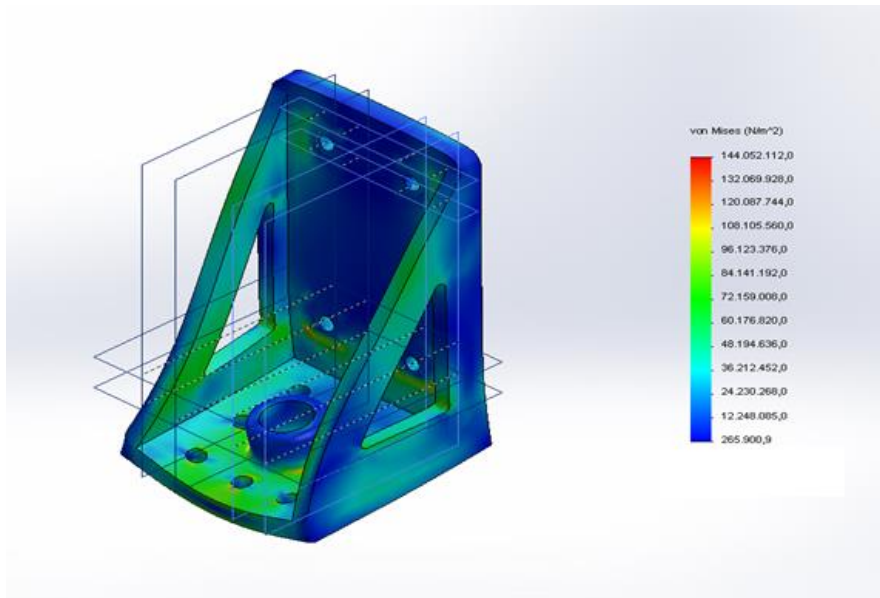


Ilustración 93: Soporte para anillos de remolque

Tensión máxima de Von Mises: 144,06 Mpa

Las tensiones alcanzadas están por debajo del límite de rotura del material para el número de ciclos de carga indicado con la intención de minimizar la aparición de grietas y su propagación, aumentar la vida útil del soporte y minimizar riesgos de posibles diferencias respecto a un modelo real. Las mayores tensiones tienen lugar en las zonas cercanas a las fijaciones y las zonas de aplicación de la carga. Además, hay que tener en cuenta que estará sometido a un mayor estrés cuando se trate de anillos cuya instalación es mediante una rosca.

Desplazamientos

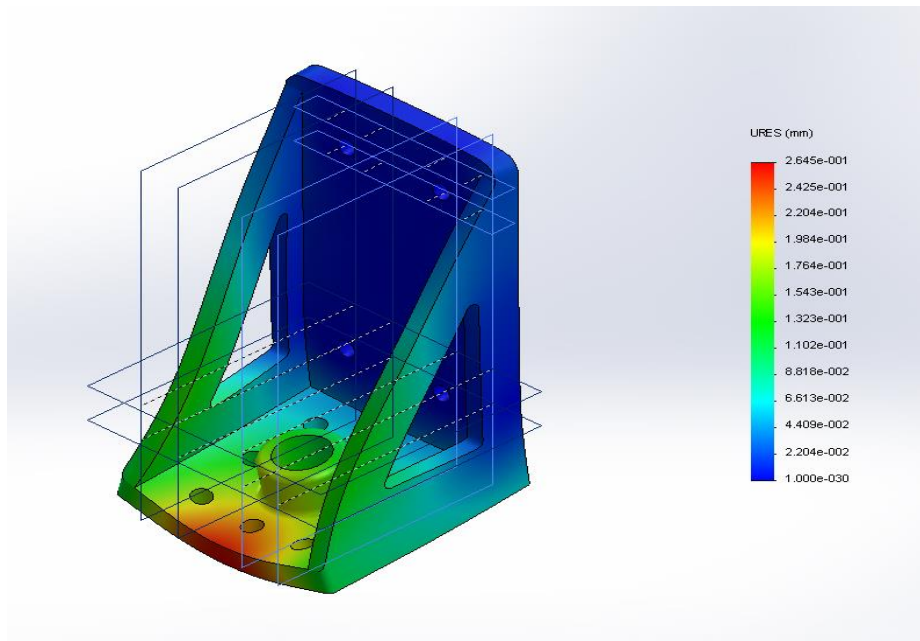


Ilustración 94: Diagrama de desplazamientos de soporte para anillo de remolque

Desplazamiento máximo: 0,265 mm

Los desplazamientos que tienen lugar sobre el útil durante la aplicación de las carga son muy pequeños y no afectan al correcto uso del soporte. Al igual que sucede con el resto de soportes, los desplazamientos aumentan en la zona de aplicación de cargas que menos reforzada se encuentra, por lo que la facilidad para deformarla es mayor.

Marco de ensayos

Marco de ensayos	
Propiedad	Valor
Material	Acero S 275 JR
Módulo de elasticidad	210 GPa
Módulo de Poisson	0.3
Límite elástico	593 MPa
Tensión de rotura	725 Mpa
Densidad	7850 Kg/m ³
Masa	2750 Kg
Tipo de ensayo	Dinámico de fatiga
Malla	18368 nodos
Carga/as actuantes	159,8±78,4 kN
Coefficiente de seguridad mínimo	3,95

Tabla 33: características de ensayo para marco de ensayos

La referencia de este dispositivo es “ENS-013”.

En primer lugar se ha realizado un ensayo para obtener las frecuencias naturales del útil, y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modo de vibración	Frecuencia (Hz)
1	36.076
2	39.468
3	64.72
4	69.257
5	91.155
6	105.41
7	118.73
8	125.46
9	127.23
10	131.26

Tabla 34: Frecuencias naturales de marco de ensayos

Como puede observarse, las frecuencias naturales del útil diseñado se encuentran fuera del rango de frecuencia de aplicación de cargas comprendido entre 1Hz y 35Hz.

Cargas y cálculos

Sobre este marco de ensayos diseñado pueden simularse varios estados de carga, pero se ha decidido emplear aquel que más compromete su integridad. Se trata del ensayo dinámico para dispositivos de quinta rueda, en el que se combina una carga vertical sobre el arco superior de 235,5 kN. Debido al material empleado y las tensiones tan bajas realizadas durante el ensayo dinámico debidas a una gran rigidez de la estructura, no ha sido necesario realizar un ensayo de fatiga, pues la diferencia entre la tensión de rotura para 10^7 ciclos y las tensiones registradas es muy grande.

Tensión de Von Mises y análisis de fatiga

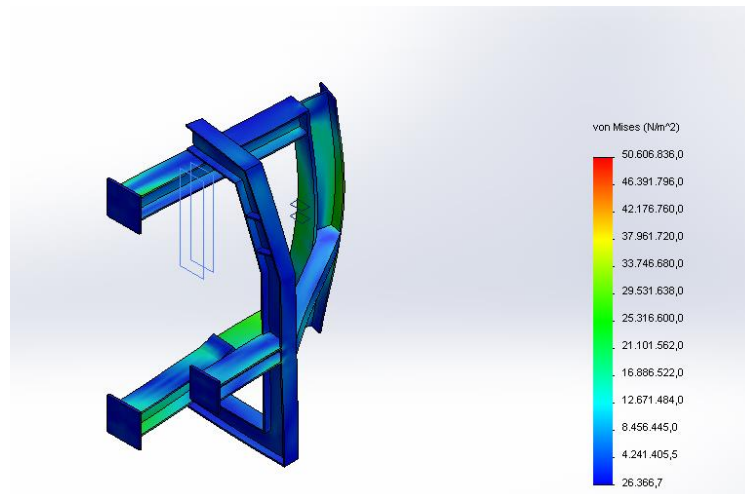


Ilustración 95: Diagrama de tensiones de Von Mises de marco de ensayos

Tensión máxima de Von Mises: 50,8 Mpa

La razón por la que el marco de ensayos es tan pesado y se ha diseñado tan sobredimensionado se debe a la necesidad de establecer su frecuencia de resonancia fuera del intervalo que se establece en el reglamento, hasta 35 Hz.

De esta forma, se le ha añadido más masa al emplear rigidizadores en zonas específicas que tienen grandes vanos o propensas a sufrir los efectos de la resonancia como se podía ver en los modos de vibración del análisis de frecuencias naturales.

Como se comentaba anteriormente, las tensiones que experimenta son muy bajas, lo que además provocará que la aparición y propagación de grietas sea más dificultosa.

Desplazamientos

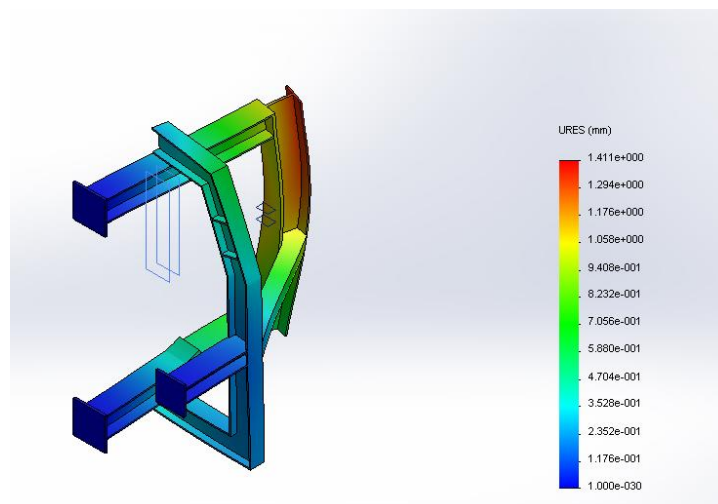


Ilustración 96: Diagrama de desplazamientos de marco de ensayos

Desplazamiento máximo: 1,41 mm

Teniendo en cuenta las longitudes de cada uno de los elementos principales que forman el marco de ensayos, el hecho de que el mayor de los desplazamientos sea del orden de 1 o 2 milímetros bajo condiciones de máxima carga, puede considerarse entendible y casi despreciable, por lo que no supone ningún riesgo y puede ser empleado con seguridad.

Aclaraciones y datos adicionales para marco de ensayos

Además de las piezas y el marco de ensayos diseñado, son necesarios una serie de componentes adicionales de carácter comercial que se incluyen el siguiente listado:

- Pistón de doble efecto de 30 ton modelo RR-3014
- Pistón de doble efecto de 30 ton modelo RR-3014
- Pistón de doble efecto de 75 ton modelo RR-7513
- Horquilla de sujeción para el pistón de la prensa.
- Prensa hidráulica de 30 ton de elevación para ensayo de elevación. Esta deberá situarse perpendicularmente a la entrada del pivote de quinta rueda, y su punto de aplicación de fuerza estará a una distancia del su centro en el marco de ensayos, donde esté situada, de 1275 mm.
- Células de carga incorporadas.
- Bomba hidráulica y unidad de control de presión
- Interfaz de usuario para el control de la prensa
- Mesa para ensayos de altura variable, placa superior desplazable y basculante.

A continuación, puede verse un ejemplo demostrativo de algunas de las piezas del conjunto:

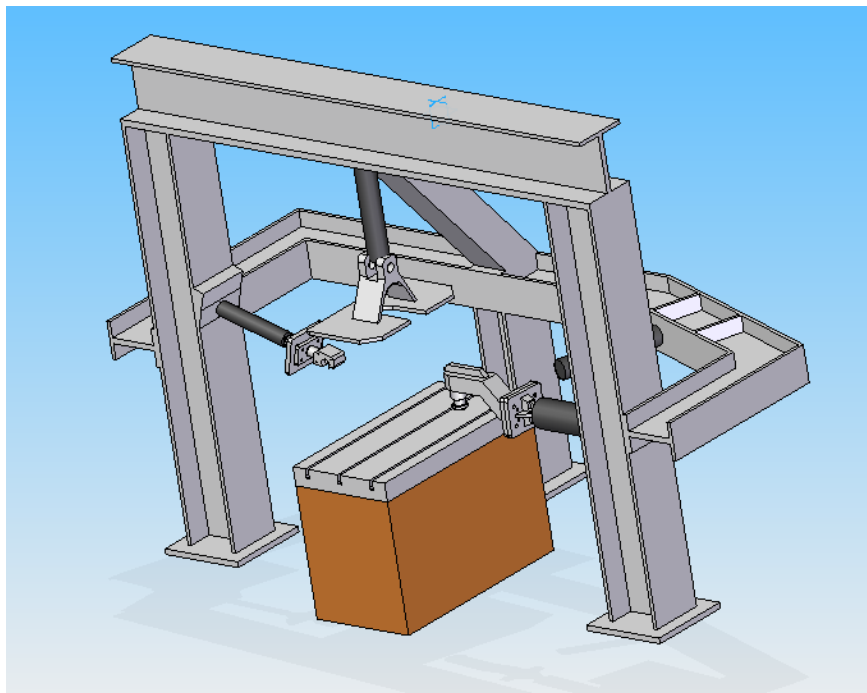


Ilustración 97: Ejemplo de visualización del conjunto

Las dimensiones de los pistones y sus características pueden encontrarse en el siguiente enlace:

- <http://www.enerpac.com/es/herramientas-industriales/cilindros-hidraulicos-gatos-y-sistemas-y-productos-de-elevacion/cilindros-de-carrera-largaaltos-ciclos/rr-serie-cilindros-de-doble-accion>

El pistón de aplicación de cargas verticales se encuentra instalado en el centro de la viga central

La posibilidad de modificar la altura e inclinación de la mesa y también poder desplazarla longitudinalmente respecto del arco posibilita la modificación de los ángulos de aplicación de las cargas cuando sea necesario.

No obstante, se trata de elementos comerciales que pueden ser sometidos a ligeras modificaciones para poder adaptarlos a las necesidades de este proyecto. Se trata de subsistemas cuyo diseño no se ha tratado en el presente trabajo.

De igual manera sucede con los procesos de fabricación y elaboración de las piezas y útiles diseñados y también con el diseño de las fijaciones de los elementos del marco de ensayos de forma detallada, de forma que no se han especificado aspectos más allá de los materiales empleados y las tolerancias de los diseños.

4. **PRESUPUESTO**

Presupuesto del trabajo realizado

Concepto		Coste unitario	Horas	Coste total
Trabajos de ingeniería de ingeniería y elaboración de planos	Desarrollo y definición de procedimientos	25	140	3500
	Diseño, ensayo de piezas elaboración de planos	30	110	3300
Licencia de software Solid Edge V19		-	-	5400
Licencia de software Solid Works 2012		-	-	3550
Ordenador y programas ofimáticos		-	-	500
Total €		-	-	16250

Tabla 35: Presupuesto del trabajo realizado

Los valores mostrados se son referidos al precio de compra sin tener en cuenta amortizaciones, es decir, sin partir de una condiciones previas que permitieran su desarrollo y sin tener en cuenta el empleo futuro de los bienes mencionados.

Presupuesto de materiales y bienes empleados

Bloque	Descripción	Coste unitario	Cantidad	Coste
<u>1</u>				
	Calibre 300 mm con certificado ENAC (resolución 0.01 mm)	160	1	160
	Juego de vasos y llave portavasos	130	1	130
	Llave dinamométrica 200 Nm	115	1	115
	Dinamómetro	75	1	75
	Cinta métrica	5	1	5
	Goniómetro precisión	130	1	130
	Galga de radios cóncava	10	1	10
	Galga de radios convexa	10	1	10
	Aro calibre cónico	70	1	70
	Útil específico para medida de chaflanes internos de 30° y 45°	70	1	70
	Elementos de limpieza básica	10	1	10
	Marcadores/material de escritura	3	1	3
<u>2</u>				
	Guantes protectores de uso general	4	1	4

	Guantes protectores para productos químicos	4	1	4
	Gafas protectoras	12	1	12
	Mascarilla	35	1	35
<u>3</u>				
	Rugosímetro portátil PCE-RT 10	755	1	755
	Grúa hidráulica de taller 2 ton	300	1	300
	Útiles diseñados de forma explícita para ensayos de resistencia	20000	1	20000
	Galgas extensiométricas (SGD-13/1000-LY11)	10	10	100
	Resistencias de precisión para completar el puente de Wheatstone	5	3	15
	Cables para galgas	13	1	13
	Módulo DAQ de la serie X PCIe-6320 NI	580	1	580
	Bloque conector módulo DAQ (SCB-68A)	360	1	360
	Cable blindado (SCH68-68 EPM 2 m)	156	1	156
	Anillo de remolque para ensayos	50	1	50
	Gancho de remolque para ensayos	100	1	100
	Bola de remolque normalizada 50 mm	30	1	30
	Bola de remolque modificada 49 mm para ensayos	60	1	60
	Ordenador y software específico (LabView) e instalación de software	1000	1	1000
	Prensa 30 Ton (fuerza mínima para el recorrido menos efectivo)	12000	1	12000
	Elementos y dispositivos hidráulicos	25000	1	25000
<u>4</u>				
	Kit de líquidos penetrantes con base acuosa	50	1	50
	Kit de adhesivo para galgas extensiométricas TT300 (Omega)	200	1	200
	Grasa lubricante	20	1	20
<u>5</u>				
	Subcontratación de diseño y fabricación de subsistemas	5000	1	5000
Total €		-	-	62632

Tabla 36: Presupuesto de materiales y bienes empleados

Bloque 1	Herramientas e instrumental básico
Bloque 2	Herramientas e instrumental de protección
Bloque 3	Herramientas específicas
Bloque 4	Productos químicos
Bloque 5	Procedimientos adicionales y operaciones básicas

Tabla 37: Clasificación de bienes empleados en el presupuesto

El presupuesto de este apartado es orientativo en algunos aspectos, pues puede estar sujeto a fluctuaciones de mercado y algunos de los conceptos pueden variar sensiblemente como puede ser el caso de los elementos hidráulicos o la fabricación real de las piezas.

Parte de la base del material específico que debería ser empleado en caso de la puesta en marcha de los distintos procedimientos. No se incluyen alquiler/compra de espacios ni instalación de los equipos.

5. CONCLUSIONES Y MEJORAS FUTURAS

Conclusiones

Una vez finalizada la realización de proyecto es el momento de comprobar que los objetivos que se han planteado al inicio se han cumplido y también la necesidad de evaluar cuales han sido las soluciones empleadas.

Uno de los principales objetivos era la realización de unos procedimientos de laboratorio que permitieran el cumplimiento del reglamento CEPE/ONU 55 para cada uno de los distintos tipos de acoplamiento mecánico.

De forma sistemática, se han ido realizando de forma individual los procedimientos. Con el objetivo de diversificar el trabajo y dividir las tareas a realizar en dos campos diferenciados:

- Por un lado, se encuentran los aspectos referidos a la geometría y dimensiones de las muestras que son sometidas a los procedimientos de verificación. En esta etapa se comprueba que todos los criterios de carácter dimensional que el reglamento establece se cumplen.
- Por otro lado, están los aspectos referidos a la resistencia mecánica de los acoplamientos. Puesto que se trata de elementos que van a estar sometidos a un gran número de ciclos de carga y descarga durante su vida útil, es necesario poder garantizar que su uso en condiciones normales no llegue a suponer un riesgo grave para el entorno en el que se encuentre. En esta etapa los acoplamientos son sometidos a un ensayo de fatiga en el que se verifica que podrán cumplir con seguridad sus funciones durante su uso en servicio a lo largo de su vida útil.

La razón de esta división es debida principalmente a criterios organizativos y de seguridad, ya que no implica el mismo riesgo para el operario manejar grandes muestras y herramientas pesadas para la aplicación de fuerzas en un entorno peligroso, que simplemente comparar los ángulos y dimensiones de la muestra con las establecidas por un patrón.

Una de las principales dificultades de estos objetivos ha sido adaptar el contenido normativo y teórico del reglamento a un contexto de aplicación práctica donde el operario que lea el manual sea quien lleve a cabo las diferentes tareas.

Para realizar esto ha sido necesario pensar desde la perspectiva del operario, teniendo en cuenta que cuando se la primera vez que proceda a realizar alguno de los procedimientos pueden existir conceptos nuevos y también puede estar expuesto a riesgos que desconoce.

En ese aspecto, la guía de seguridad desarrollada ha supuesto un elemento esencial para evitar algún percance y tratar de hacer que el operario trabaje de forma proactiva en este sentido. Se trata de realizar de forma segura todos los procedimientos teniendo en cuenta los posibles desconocimientos.

De igual modo sucede con la guía relativa al cuidado del instrumental de medición, haciendo ver que todo debe funcionar de manera organizada si se quiere llevar a cabo un procedimiento de calidad y exitoso.

En relación con lo anterior, el desarrollo tanto de útiles encaminados a realizar las mediciones oportunas como el realizado de forma específica para realizar los ensayos de fatiga, ha supuesto otro de los grandes puntales de este proyecto.

Aunque las soluciones adoptadas son completamente válidas y se ajustan a los objetivos planteados, viendo los útiles que han sido diseñados, es posible pensar en la idea de haber realizado más de este tipo con el objetivo de aumentar la productividad e incluso poder llegar a una mínima estandarización. De todas formas, las soluciones presentadas en este proyecto son muy satisfactorias y eficientes en el empleo de recursos y ejecución de las tareas.

Se trata de requerimientos muy concretos que requieren soluciones adaptadas. El diseño realizado de estos elementos es básico y funcional. Quizás sería interesante haber probado con una mayor variedad de materiales y formas que hubieran logrado emplear una menor cantidad de recursos, o una mayor resistencia con un menor tamaño, etc.

No obstante, definir las propiedades exactas de un material para poder llevar a cabo ensayos de fatiga en piezas con geometrías complejas es una tarea complicada y no se puede estar seguro completamente que los resultados vayan a ser los esperados. Por ello se emplean mayores coeficientes de seguridad para los ensayos dinámicos que para los estáticos, tanto pensados para una mayor duración como para una mayor incertidumbre en los ensayos realizados, pensando siempre en la seguridad como pilar básico.

Mejoras futuras

En todos los proyectos terminados, siempre existe la posibilidad de ser mejorados una vez que se ha observado su funcionamiento y sus características debido a la búsqueda constante de unos objetivos marcado con la intención de optimizar los recursos, realizar todos los procedimientos de la forma más eficiente y progresar hacia la estandarización.

No obstante, todas esas mejoras no siempre pueden ser realizadas en el proyecto original debido a que durante el desarrollo y al finalizar el proyecto pueden aparecer mejores opción que las planteadas. Además, muchos de los posibles errores que puedan haberse cometido pueden no ser evidentes hasta que no se observable funcionamiento del proyecto en conjunto.

Habiendo sido terminado el desarrollo del presente proyecto, pueden presentarse algunas posibles mejoras que supondrían una mejora en los procedimientos realizados.

Ensayo alternativo para bolas de remolque

En primer lugar, hay que decir que debido al alto número de ciclos que hay que realizar para comprobar cada componente, el tiempo de uso de la maquinaria e muy elevado, lo que supone largos tiempos de espera para poder llevar a cabo el siguiente ensayo de fatiga.

No obstante, aunque esta particularidad solo es posible para para los acoplamientos mecánicos de bola de remolque, el reglamento permite un ensayo de resistencia alternativo que posibilita emplear un número de ciclos de carga sustancial mente inferior respecto al método tradicional.

Se trata de un ensayo triaxial de fatiga basado en el daño acumulativo de los ciclos de carga empleando la regla elemental de Miner, mediante la cual se toman en cuenta las amplitudes de carga y el número de ciclos empleado para cada una.

La variedad de las cargas empleadas se representa en un diagrama que relaciona la amplitud de carga con el número de ciclos y su relación con el número de ciclos totales. A cada carga le corresponde un determinado número de ciclos, de modo que cuanto mayor sea la carga empleada, menor será en número de ciclos necesarios para determinar la resistencia a fatiga.

A diferencia del procedimiento que se indica en este proyecto, se trata de un proceso mucho más complejo tanto a la hora de diseñar los útiles como para el operario a la hora de llevar a cabo los ensayos.

Si existiera la previsión o la certeza de que se realizarán multitud de ensayos de este tipo, es una propuesta que resultaría de gran interés pensando en la productividad y la reducción de tiempos de espera.

Diseño de subsistemas

Como extensión de este proyecto, podría tratarse en detalle algunos de los subsistemas que componen el conjunto de útiles y herramientas que empleados. Puede ser el caso de la mesa de sujeciones, desplazable e inclinable. Desarrollar tanto los materiales que componen, como el detalle de las fijaciones, anclajes, materiales, etc.

También, como se ha comentado anteriormente, podrían diseñarse los procedimientos de fabricación de los útiles entrando en detalles de máquinas empleadas para realizarlos, parámetros de corte en sistemas de mecanizado, etc. Sería una parte interesante a desarrollar que supondría los pasos siguientes a los desarrollos de piezas realizados en este proyecto.

Con el diseño de todas las herramientas que ha sido realizado, podría llevarse a cabo una optimización de estos mediante un análisis más exhaustivo de los fenómenos de fatiga que experimentan, o incluso análisis y toma de datos experimentales con datos reales.

6. REFERENCIAS

Datos técnicos, información online y libros

- [1] - <http://www.afec.es/es/afecnoticias055.asp?art=2>
- [2]- <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html>
- [3] *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales* Smith, William F. (William Fortune) (1931-) McGraw-Hill Interamericana , D.L. 1999
- [4] - <http://www.sabimet.com>
- [5]- http://www.proapl.com/UserFiles/1/File/pdf_legislacion_nuevo/ojosycara.pdf
- [6] - <http://prevencion.umh.es/files/2012/07/seleccion-equipos-protecci%C3%B3n-ojos.pdf>
- [7] - <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/epi.pdf>
- [8] - <https://www.enac.es/web/enac/actividades-calibracion>
- [9] - http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Strain_Gages_1.pdf
- [10] -<http://es.omega.com/techref/pdf/StrainGageCalcs.pdf>
- [11] - <http://www.ni.com/tutorial/7130/es/#toc2>

Imágenes

<http://www.pommier.es/pdf/a.pdf>

http://www.jost.com.br/Uploads/Content/21122011-144931_MAG_0198.jpg

http://www.jost.com.br/Uploads/ContentFile/09122011183806_Sensor%20Coupling.jpg

http://www.euro4x4parts.com/images/mecanique4x4_attelage_rat1311.jpg

<http://csimg.choozen.es/srv/ES/29006586en370/T/300x300/C/FFFFFF/url/enganche-de-inercia-lanza.jpg>

<https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT4NupBynzlt6IMsiHWF5R11TIYyWjjFkhej-WiA9rpntWB5MEjA>

http://i51.twenga.com/coches-motos/rueda-remolque/am-tech-s5700-rueda-tp_5899511033172934573f.jpg

<http://reparacionbarcos.com/images/stories/lalizas-p/050.jpg>

<http://p.globalsources.com/IMAGES/PDT/B1061675979/2-inch-JOST-Type-Bolt-in-Assembly-King-Pin.jpg>

http://www.daf.com/dafrpcatalogus/trp/Image/ACC_F1377192.jpg

http://www.daf.com/dafttrpcatalogus/trp/Image/TRP_TJSKMPJSK37.jpg

<http://es.omega.com/techref/pdf/StrainGageCalcs.pdf>

<http://www.jost.com.br/es/produtos-jost/sensores-de-acoplamiento>

<http://www.ni.com/tutorial/7130/es/#toc2>

Otros recursos empleados de carácter general

<http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/ingenieria-grafica/material-de-clase-1/4.1%20Tolerancias.pdf>

<http://www.jost.com.br>

<http://ecat.pommier.fr/ecatalogue/catalogue2014/es/index.html>

Reglamento CEPE/ONU 55 sobre dispositivos mecánicos de acoplamiento en vehículos a motor

Normativa sobre prevención de riesgos laborales y seguridad en el trabajo disponible en el BOE del 30 de diciembre de 2014

<http://www.catistore.com/solidworks.html>

7. ANEXOS

Guía de seguridad

La guía de seguridad que se incorpora en este manual ha sido elaborada con la finalidad de reducir y eliminar, en la medida de lo posible, los riesgos a los que pueden estar sometidas las personas que llevan a cabo las labores de verificación de los dispositivos de acoplamiento mecánico.

Las directrices que aquí se presentan han sido elaboradas siguiendo la normativa española relativa a la prevención de riesgos laborales cuya última actualización está presente en el BOE del 30 de diciembre de 2014, y las normativas correspondientes a elementos concretos de seguridad.

Se trata simplemente de garantizar la salud del operario de taller mientras realiza su trabajo de forma segura, lo que permite una mejor calidad de ejecución en los procedimientos, calidad de vida para los trabajadores y cumplimiento de la normativa vigente en este aspecto.

Serán indicados tanto los procedimientos a seguir antes de llevar a cabo las distintas operaciones de verificación y ensayo como el instrumental necesario para ello.

Directrices y recomendaciones de seguridad para procedimientos de verificación dimensional

Aunque este tipo de procedimientos presenta un riesgo mínimo, siempre pueden darse situaciones que puedan poner en peligro la integridad y la seguridad del operario. Es por ello por lo que se establecen las siguientes indicaciones de obligado cumplimiento:

- Uso de calzado de seguridad (S) de acuerdo a la normativa EN ISO 20345:2011. En dicha normativa se indica que el calzado estará equipado con topes de seguridad cuyo diseño garantice protección contra el impacto con una energía de 200 J y frente a una compresión de 15 kN.
- Uso de guantes de protección contra riesgos mecánicos que eviten daños y cortes durante la manipulación de las muestras y material de medición. Estos deberán encontrarse en perfectas condiciones para ser usados y cuando su desgaste o disfuncionalidad sean evidentes deberán ser sustituidos.
- Dichos guantes deberán cubrir la totalidad de la mano, no estando permitidos aquellos que solamente cubran de forma parcial los dedos o partes de la mano. Para que el operario tenga la menor cantidad de molestias posible, deberá existir una variedad de tallas que permita seleccionar aquella que resulte más ergonómica.
- Uso de elementos de protección visual, ya sea mediante el empleo de gafas de seguridad o pantallas de protección facial siguiendo la normativa UNE- EN 166. Estas deberán ser de un material transparente, de uso general y con una

resistencia mecánica mínima (sin necesidad de marcado de clase). Solo en el caso puntual de que debido al empleo de la protección visual no fuera posible la lectura aportada por el instrumental de medición podrá prescindirse puntualmente de ella.[5]

- En todos los dispositivos deberá estar presente el anagrama del distribuidor o fabricante, modelo, talla y CE y el pictograma del riesgo testado donde se reflejen las propiedades del producto cuando corresponda. Podrán ser añadidos otros datos relativos a requerimientos específicos según proceda.
- Debido al elevado peso que pueden presentar algunos de los dispositivos de acoplamiento o los diferentes útiles y herramientas, si fuera necesario se empleará la grúa hidráulica manual de taller o un dispositivo similar. Esto permitirá facilitar la labor del operario y evitar lesiones y riesgos para su salud.
- Para la realización de los procedimientos de verificación visual y dimensional no se establecen más requisitos que los anteriormente mencionados en este apartado.

Directrices y recomendaciones de seguridad para procedimientos de ensayos estáticos y dinámicos

- Para este tipo de procedimientos los riesgos y posibles peligros para el operario son mucho más elevados que para el caso de las verificaciones visuales y dimensionales. Es por ello por lo que las medidas de seguridad y las precauciones tomadas serán mayores. A continuación se establecen una serie de indicaciones de obligado cumplimiento:
- Uso de calzado de seguridad (S) de acuerdo a la normativa EN ISO 20345:2011. En dicha normativa se indica que el calzado estará equipado con topes de seguridad cuyo diseño garantice protección contra el impacto con una energía de 200 J y frente a una compresión de 15 kN.
- Uso de guantes de protección contra riesgos mecánicos que eviten daños y cortes durante la manipulación de las muestras y material de medición. Estos deberán encontrarse en perfectas condiciones para ser usados y cuando su desgaste o disfuncionalidad sean evidentes deberán ser sustituidos. Dichos guantes deberán cubrir la totalidad de la mano, no estando permitidos aquellos que solamente cubran de forma parcial los dedos o partes de la mano. Para que el operario tenga la menor cantidad de molestias posible, deberá existir una variedad de tallas que permita seleccionar aquella que resulte más ergonómica.
- Deberán cumplir las normativas europeas EN-420 (normas generales) y EN-388 (Guantes de protección contra riesgos mecánicos, electricidad, estática). Según

el modelo seleccionado, estos podrán tener una mayor o menor duración comprometida por el desgaste.

- Uso de elementos de protección visual, ya sea mediante el empleo de gafas de seguridad o pantallas de protección facial siguiendo la normativa UNE- EN 166. Estas deberán ser de un material transparente, de usos generales y pertenecientes a la clase S con una resistencia mecánica mejorada. [5]
- En todos los dispositivos deberá estar presente el anagrama del distribuidor o fabricante, modelo, talla y CE y el pictograma del riesgo testado donde se reflejen las propiedades del producto cuando corresponda. Podrán ser añadidos otros datos relativos a requerimientos específicos según proceda.[6]
- Una vez que estén fijados dos distintos acoplamientos y útiles necesarios para el ensayo a realizar, será necesario que el recinto de la máquina de ensayo este limpio y libre de los útiles, herramientas y otros elementos que han sido empleados en el proceso de montaje y fijación de la muestra. De lo contrario, no podrá iniciarse el procedimiento de ensayo.
- Las máquinas y estaciones de ensayo deberán encontrarse en un recinto de seguridad delimitado de forma física, de modo que mientras tienen lugar los ensayos ningún operario pueda acercarse a las inmediaciones y sufrir daños.
- La introducción de los parámetros de ensayo en la maquina será realizada desde el exterior del recinto cuando ningún operario se encuentre dentro de este y se encuentren los accesos bloqueados.
- Además, llevarán incorporada una roseta de emergencia que paralizará por completo el procedimiento de ensayo.
- Mientras la máquina se encuentre en funcionamiento no será posible el acceso al recinto enjaulado, siendo necesario la parada previa de la máquina.

Adicionalmente, se establecen otra serie de indicaciones para la realización de los procedimientos de fijación de las galgas extensiométricas y la realización del proceso de localización de grietas en las muestras de líquidos penetrantes:

- Uso de guantes desechables de látex o caucho para evitar el contacto de los agentes químicos con la piel del operario. [7]
- Uso de protección visual adecuada para el tratamiento con productos químicos. En este caso se seguirán las mismas normas que para las situaciones anteriores pero la protección visual empleada será la indicada para gases y partículas de polvo finas, es decir, tendrá marcado en ella el símbolo 5.

- Uso de protección para las vías respiratorias para evitar la inhalación de vapores y gases tóxicos. Esto se realiza mediante el empleo de mascarillas, las cuales deberán cubrir la nariz, la boca y la barbilla siguiendo la normativa UNE-EN 140 relativa a equipos de protección respiratoria, medias máscaras, cuartos de máscara, requisitos, ensayo y marcado.
- Los filtros de los que estén provistos las mascarás deberán ser los adecuados de acuerdo a las indicaciones del fabricante del kit de detección de grietas.
- No obstante, como recomendación básica, una buena elección son los filtros de tipo A, válidos contra gases y vapores orgánicos, con punto de ebullición $> 65^{\circ}\text{C}$, especificados en la norma UNE-EN 14387:2004, relativa a filtros contra gases y filtros combinados, requisitos, ensayos y marcado.
- Uso de un mono de trabajo de tela, fieltro o similar que impida que los agentes químicos entren en contacto con cualquier parte de la piel. También puede ser empleada una bata de laboratorio teniendo las precauciones oportunas para evitar que esta pueda llegar a engancharse en algún sitio, por lo que deberá llevarse siempre abrochada.
- Debido al elevado peso que pueden presentar algunos de los dispositivos de acoplamiento o los diferentes útiles y herramientas, si fuera necesario se empleará una grúa hidráulica de taller, equipada con ruedas y extensible, que puede desplazarse de forma manual. Esto permitirá facilitar la labor del operario y evitar lesiones y riesgos para su salud.
- En todos los dispositivos deberá estar presente el anagrama del distribuidor o fabricante, modelo, talla y CE y el pictograma del riesgo testado donde se reflejen las propiedades del producto cuando corresponda. Podrán ser añadidos otros datos relativos a requerimientos específicos según proceda.

Finalizadas todas las indicaciones relativas a los procedimientos específicos, es preciso establecer que las instalaciones deben contar con una estación de lavado de manos y de ojos, un botiquín básico de primeros auxilios y un teléfono operativo con el cual poder avisar a los servicios de emergencia en caso de accidente.

Por si existiera algún problema que debiera provocar el desalojo del recinto de forma rápida, las salidas deberán estar correctamente señalizadas con letreros y luces de emergencia.

Todas las máquinas estarán equipadas con una “roseta de seguridad”, de modo que mediante su accionamiento se produzca la parada repentina de la máquina.

Además de lo indicado en esta guía que es de obligado cumplimiento, podrán tomarse medidas adicionales de seguridad que caso de que por la situación o las circunstancias se consideren adecuado.

Aspectos relativos al uso del instrumental de medida

Debido a la complejidad o a las consecuencias en las que puede derivar un mal uso de los aparatos de medida empleados, es necesario establecer una serie de normas básicas e indicaciones para garantizar su eficacia y evitar su deterioro.

De esta forma, todos los instrumentos de medida que sean empleados de forma directa en los correspondientes apartados de verificación dimensional deben poseer un certificado de calibración que puede ser realizado por cualquier laboratorio o entidad acreditada para tal fin por una institución competente para ello. En el caso de España, dicha institución es la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), y la acreditación será de acuerdo a la Norma ISO/IEC 17025, la cual confirma la competencia técnica del laboratorio y garantiza la fiabilidad en los resultados de los ensayos y calibraciones. [8]

Esto garantiza la fiabilidad de los aparatos de medida empleados dotando de una gran veracidad y seguridad a los procesos asociados a su empleo.

Las medidas a seguir para lograr una vida útil duradera de este instrumental y evitar su deterioro o su posible ineficacia, deben cumplirse las siguientes normas e indicaciones:

- Todo el instrumental de medición deberá encontrarse guardado en sus respectivas fundas y estuches cuando no esté siendo utilizado.
- Será almacenado en un lugar seco y con una temperatura constante aproximada de 20 °C y alejado de fuentes de frío y de calor.
- Cuando vayan a ser empleados, es necesario previamente realizar una medición con un patrón de medida (certificado también). Si la medición realizada se corresponde con la indicada por el patrón, el procedimiento de verificación dimensional correspondiente podrá iniciarse sin problemas.
- Cuando la medida aportada sea errónea, deberá emplearse otro instrumental que pueda realizar las mismas funciones que el anterior y probar en otro momento si aquel que no aportaba una medición correcta pudiera encontrarse operativo en otro momento.
- Esta comprobación se realizaría por si hubiera sufrido algún cambio de temperatura que afectara temporalmente a la precisión del instrumento. Si repetidamente el instrumento no logra aportar una medición correcta, este deberá ser certificado de nuevo, o en su defecto sustituido por uno nuevo.
- Todas las mediciones deberán ser realizadas con cuidado, sin ejercer una presión excesiva o forzando el instrumental de modo que su medición se asemeje más a la esperada. De esta forma podrá conservarse durante mucho más tiempo.

- Debe evitarse también el contacto con agentes químicos que pudieran modificar sus propiedades o inutilizar el instrumental debido a daños que en ocasiones son difícilmente reparables, como pueden ser deformaciones o el borrado o distorsión de las líneas que marcan la graduación.
- Durante los procedimientos indicados, el instrumental deberá tratarse cuidadosamente evitando que este reciba golpes y/o arañazos. Cuando haya finalizado su uso, deberá limpiarse con un paño seco eliminando restos de suciedad de cualquier tipo y posteriormente se guardará en su funda y estuche correspondientes.

Todas estas indicaciones deberán seguirse como norma básica. Si además, el fabricante correspondiente añade otras que repercutan beneficiosamente, también deben ser tomadas en cuenta y su cumplimiento será también de carácter obligatorio.

Galgas extensiométricas

Introducción

Se trata de unos sensores que al experimentar una deformación modifican su resistencia al paso de corriente eléctrica a través de ellos. Gracias a esta propiedad puede establecerse una relación entre la deformación y el cambio de resistencia que puede ser medido y cuantificado.

La aplicación de una fuerza en la dirección de medida provoca una variación de longitud que se transforma en una deformación de la galga extensiométrica.

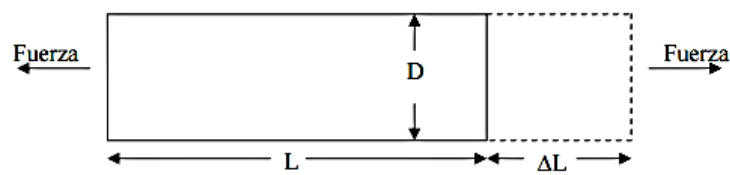


Ilustración 98: Principio de funcionamiento de galga extensiométrica

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

La deformación es un parámetro adimensional, y tendrá signo positivo si el esfuerzo que soporta es de tracción, o negativo si el esfuerzo es de compresión. La resistencia de la galga aumenta con el alargamiento de esta, es decir, con esfuerzos de tracción.

Puesto que la galga debe ser conductora, el material del que está constituido la zona conductora suele ser metálica principalmente, aunque existen algunos modelos que no comparten esta característica. Dicho circuito conductor está formado por un cable muy fino dispuesto en forma de rejilla, con un espesor del orden de 10^{-6} m, aunque normalmente suele tratarse de una hoja metálica con la forma de dicho patrón.

No obstante también existen galgas de material semiconductor, aunque el funcionamiento es similar a las anteriores, estas tienen un factor de galga mayor y suelen tener un tamaño más reducido.

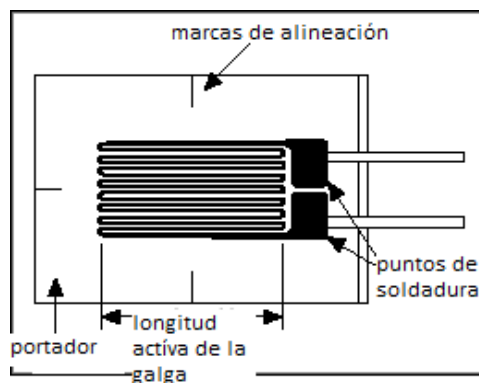


Ilustración 99: Partes de una galga extensiométrica

Para proteger la fragilidad de la rejilla y ejercer de aislante eléctrico, la rejilla se une a unas láminas de material polimérico o similar denominado portador, el cual es fijado a la superficie a analizar. Debido a este hecho, es de vital importancia que a galga este fijada correctamente a la superficie de ensayo para transmitir todas las deformaciones y no dar lugar a medidas erróneas. Se parte de la hipótesis de que la galga experimenta las mismas deformaciones que la superficie sobre la que se encuentra fijada.

La relación entre la deformación de la galga y su cambio de resistencia eléctrica se establece un parámetro denominado factor de galga. En realidad, se trata de una medida de la sensibilidad de la galga ante las deformaciones.

$$\text{Factor de galga} = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$$

Una vez presentadas brevemente, puede decirse que debido a su principio de funcionamiento y sencillez serán los dispositivos de medición de deformación que se van a emplear en los distintos procedimientos de ensayo de los dispositivos de acoplamiento mecánico para verificar el cumplimiento de la normativa dispositivos de acoplamiento mecánico.

Circuitos de medida y aclaraciones

Convencionalmente, este tipo de dispositivos son empleados en circuitos de medida capaces de medir las variaciones de resistencia en las galgas mediante variaciones de la tensión en el circuito.

Uno de los más empleados es el puente de Wheatstone alimentado con tensión constante. Dependiendo de la utilidad, pueden presentarse distinto número de galgas y los distintos esfuerzos que estos soporten.

Se trata de un circuito alimentado con una tensión constante V_{in} cuyo voltaje de salida es idealmente nulo. Al variar el valor de una de las resistencias, se desequilibra el circuito y el voltaje medido a su salida V_{out} deja de ser nulo.

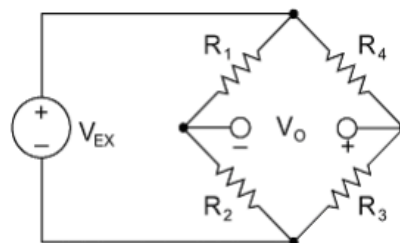


Ilustración 100: Puente de Wheatstone

En estas condiciones, el voltaje de salida es:

$$V_{out} = \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{in}$$

Observando la expresión anterior se puede concluir que la salida V_{out} solo será nula cuando la relación $R1/R2$ sea igual a la relación $R4/R3$.

A continuación se muestran distintas configuraciones dependiendo de los esfuerzos soportados por las galgas, el número de estas y su localización.

:

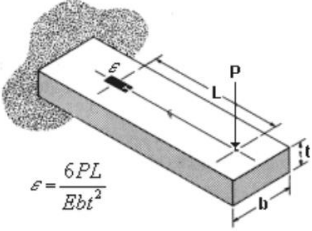
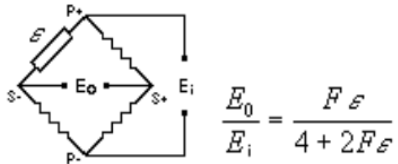
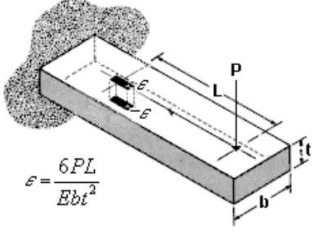
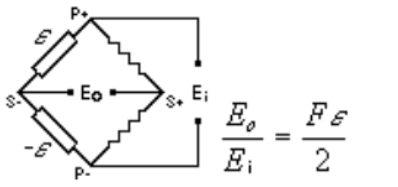
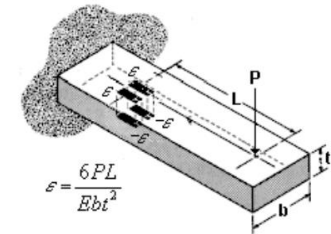
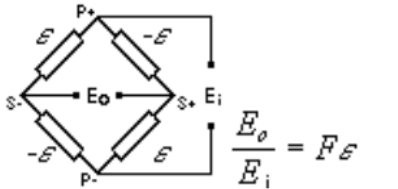
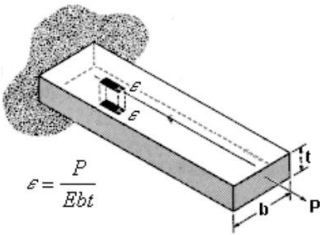
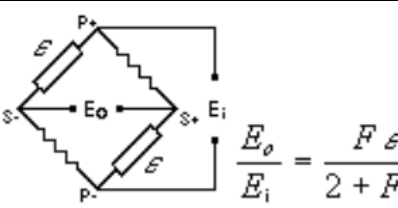
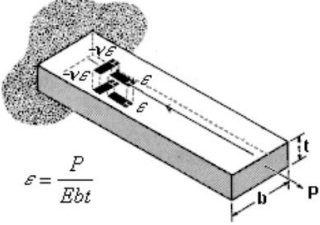
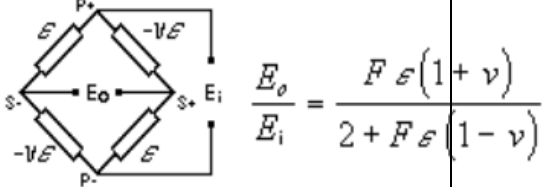
Descripción	Ilustración	Expresión del voltaje de salida
Viga en flexión- cuarto puente	 $\varepsilon = \frac{6PL}{Ebt^2}$	 $\frac{E_o}{E_i} = \frac{F \varepsilon}{4 + 2F \varepsilon}$
Viga en flexión- medio puente	 $\varepsilon = \frac{6PL}{Ebt^2}$	 $\frac{E_o}{E_i} = \frac{F \varepsilon}{2}$
Viga en flexión- puente completo	 $\varepsilon = \frac{6PL}{Ebt^2}$	 $\frac{E_o}{E_i} = F \varepsilon$
Esfuerzo axial-Brazos opuestos (2 galgas)	 $\varepsilon = \frac{P}{Ebt}$	 $\frac{E_o}{E_i} = \frac{F \varepsilon}{2 + F \varepsilon}$
Esfuerzo axial- puente completo (con Poisson)	 $\varepsilon = \frac{P}{Ebt}$	 $\frac{E_o}{E_i} = \frac{F \varepsilon (1 + \nu)}{2 + F \varepsilon (1 - \nu)}$

Tabla 38: Configuraciones de galgas para puente de Wheatstone

Siendo “E” el módulo de Young del material de la muestra a medir, “ν” es el módulo de Poisson y “F” el factor de galga.

Para el caso de un cuarto de puente, que la expresión de la deformación medida por la galga es:

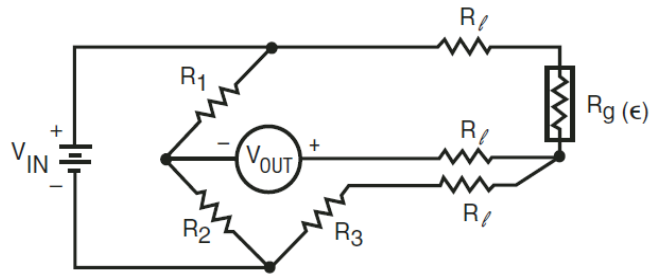


Ilustración 101: Puente de Wheatstone en configuración "cuarto de puente"

$$\varepsilon = -\frac{4\Delta\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)}{F\left(1 + 2\Delta\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)\right)} \times \left(1 + \frac{R_l}{R_g}\right)$$

Uno de los problemas que puede darse en la medida de las deformaciones es la influencia de los cambios de temperatura. Para solucionar esto existen multitud de alternativas, pero una de las más sencillas es el empleo de la configuración de medio puente o puente completo.

La razón se debe a que la temperatura afecta a todas las galgas por igual, de modo que el efecto se queda compensado.

Continuando con el funcionamiento del puente de Wheatstone se presenta un pequeño inconveniente relacionado con el voltaje de salida. Debido a la magnitud de los valores de las resistencias y al pequeño voltaje de entrada empleado para evitar el calentamiento de las galgas, el voltaje de salida es muy pequeño, del orden de mV.

Por esta razón, es necesario emplear una etapa de amplificación en la salida del puente de Wheatstone, para que la variación de voltaje sea más fácilmente detectada y pueda ser cuantificada correctamente.

Material y equipo empleado

Dentro de las galgas extensiométricas, existen en el mercado una amplia variedad de soluciones comerciales dependiendo de los propósitos que se requieran. Para elegir el tipo de galga que se ajuste las necesidades requeridas para los ensayos hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Longitud y anchura de la galga: Quedará determinado principalmente por el emplazamiento final de la galga. No obstante, una galga de mayor longitud aportará mejores resultados ante esfuerzos cíclicos disipará mejor el calor que pueda ser generado.
- Resistencia eléctrica: Es el valor de la resistencia de la galga por defecto, si estar sometida a esfuerzos, y normalmente el fabricante indica el porcentaje de variación de esta. Son preferibles galgas de mayor resistencia debido a que la intensidad de corriente que circule por ellas será menor, y por lo tanto su calentamiento también.
- Factor de galga: este parámetro está relacionado con la sensibilidad de la galga y depende de factores como el material con el que está fabricada, el tamaño o la sensibilidad a la temperatura entre otros.
- Propiedades mecánicas: hace referencia al rango de deformación medible principalmente, es decir, el rango de variación de la longitud de la galga en su conjunto.
- Propiedades térmicas: Determinan la influencia de la temperatura en las mediciones. Influyen aspectos como el coeficiente de temperatura del factor de galga o la temperatura ambiente a la que se realicen las mediciones.
- Material: Es necesario tener en cuenta tanto el material de la lámina conductora como el material de la lámina portadora, ya que variaran tanto las propiedades de medición como su coste económico.
- Ciclos de carga: Dependiendo del propósito final, será necesario que la galga deba soportar una cantidad mínima de ciclos de carga y descarga.
- Morfología y disposición de los terminales: son aspectos relativos al encapsulado conexas de la galga, pero que no tienen por qué afectar al grado de precisión de esta ni a sus otras propiedades.

De forma simple, generalmente se pueden encontrar: galgas individuales, una pareja de galgas en el mismo encapsulado, con direcciones de medida de las deformaciones opuestas, y rosetas de galgas. En estas últimas, se disponen al menos tres galgas en el mismo encapsulado las cuales forman distintos ángulos entre sí. [9]

Otro tipo de clasificación podría hacer referencia al propósito al que se destinen, como pueden ser galgas de ámbito general, galgas de precisión o galgas indicadas para soportar cambios de temperatura, por ejemplo.

Puesto que se trata de un procedimiento que será realizado de forma repetitiva y las galgas solo serán empleadas una vez por cada uso, es interesante la posibilidad de emplear una única galga en cada ensayo y emplear un sistema de recogida de datos y tratamiento mediante software que simplifique las operaciones. En definitiva, un sistema DAQ.

De esta forma, el equipo necesario y los materiales a emplear son:

- Galga extensiométrica
- Cable para galgas
- Soldador de estaño y estaño apto para circuitos eléctricos
- Kit de adhesivos para galgas extensiométricas TT300
- Sistema DAQ de la serie X PCIe-6320 de National Instruments
- Bloque conector módulo DAQ (SCB-68A) de National Instruments
- Resistencias de compensación del puente de Wheatstone
- Cable apto para recogida de datos de sensores
- Útiles como pinceles, espátula, cepillo

Los dispositivos y módulos de adquisición de datos empleados en el acondicionamiento y captación de las señales procedentes del puente de Wheatstone son óptimos para el tipo de tarea que van a desempeñar.

Como se mencionó previamente, se emplean unas galgas extensiométricas largas (13 mm) y con una resistencia elevada (1000 ohmios), todo ello para mejorar los resultados evitando que los ciclos de carga deterioren la galga y que esta se caliente durante los largos procesos de ensayos dinámicos. En este caso, el material conductor es constantán sobre un soporte de poliamida. El constantán es un material compuesto por cobre y cromo que tiene la propiedad de mantener constante la resistencia eléctrica en un amplio rango de temperaturas. [10]

Montaje y calibración

Para el montaje de estos dispositivos se seguirán las instrucciones del fabricante del adhesivo específico.

El adhesivo que se emplea en este caso es una resina epoxi bicomponente y un endurecedor que se cura mediante calor que aseguran un correcto fijado sobre la superficie.

Es necesario indicar que durante este procedimiento se están manipulando elementos químicos que pueden ser perjudiciales para la salud, por lo que deben seguirse cuidadosamente las indicaciones de seguridad proporcionadas por el fabricante. [11]

No obstante, en el aspecto relativo al posicionamiento de las galgas deberán seguirse las siguientes indicaciones:

- Las galgas no deben ser fijadas en las zonas de actuación de los útiles con los que se emplean las fuerzas de ensayo.
- Deben estar colocadas sobre una superficie plana y orientadas.
- Puesto que las zonas cercanas a los puntos de anclaje son más sensibles a experimentar deformaciones, las galgas serán instaladas preferentemente en estas áreas.

Una vez instaladas las galgas sobre la superficie del dispositivo de acoplamiento y completadas las indicaciones relativas al secado y curado del adhesivo puede procederse al conexionado de la galga:

- En primer lugar se soldará un extremo de cable de una longitud suficiente al cada uno de los terminales de la galga. Para ello se empleará el soldador de estaño indicado.
- Con los terminales soldados, se realizará el conexionado de los cables y la galga y las resistencias de precisión que completan el puente de Wheatstone siguiendo el esquema de la lustración 99.
- Terminado el montaje, se procede al procedimiento de calibración y puesta a punto del conjunto de la instalación.

De forma convencional, el equilibrado del puente se realiza ajustando una de las resistencias que completan el circuito de la galga, de modo que una de estas es variable, es decir, se trata de un potenciómetro. Con la ayuda de un voltímetro se medirá el voltaje a la salida V_{out} mientras se modifica el valor del potenciómetro hasta que V_{out} fuera nulo cuando no actúan cargas sobre el dispositivo de acoplamiento.

No obstante, para este caso no será necesario llevar a cabo dicho procedimiento, ya que esta operación puede ser realizada mediante el software de tratamiento de datos que acompaña al sistema DAQ.

Para ello se seguirán las instrucciones de conexiones y manejo del hardware y software del fabricante, las cuales están disponibles en la web del fabricante (indicar dirección URL):

- <http://www.ni.com/getting-started/set-up-hardware/data-acquisition/esa/strain-gages>

En el enlace anterior también están disponibles ejemplos de calibración de las galgas y una breve guía de manejo del software y tratamiento de los datos.

Ejemplo

Una vez que se han seguido las instrucciones relativas al montaje de las galgas y a la calibración del puente de Wheatstone, solo es necesario poner a punto el resto de elementos e iniciar el ensayo.

Finalizada la ejecución del número de ciclos de carga especificado en el manual y retiradas todas las cargas aplicadas sobre la muestra a ensayar, se anotan la deformación máxima que ha sido medida durante el ensayo y la deformación plástica residual tras el ensayo completo.

Simplemente hay que comprobar que la deformación permanente resultante es inferior a un porcentaje concreto de la deformación máxima. Para este caso es del 10% dicho porcentaje.

Deformación máxima	Deformación permanente resultante	Válido
0.00360	0.00025	Válido

Tabla 39: Ensayo válido

Deformación máxima	Deformación permanente resultante	Válido
0.00360	0.00096	No válido

Tabla 40: Ensayo no válido

Tablas de verificación

Acoplamientos tipo gancho

Designación de las mediciones a realizar (K1)	Medida realizada	Válido	No válido
e1			
e2			
e3 ($90 \pm 0,5$ mm)			
d2 ($17 +0,270/- 0$) mm			
c (3 mm mínimo)			
f (130 mm máximo)			
g (100 mm máximo)			
a ($45 + 1,6$ mm)			
L1 (120 mm máximo)			
L2 (74 mm máximo)			
L3 (110 mm máximo)			

Tabla 41: Clase K1

Designación de las mediciones a realizar (K2)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 ($83 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($56 \pm 0,5$ mm)			
e3			
d2 ($10,5 +0,270/-0$) mm			
c (3 mm mínimo)			
f (175 mm máximo)			
g (100 mm máximo)			
a ($45 + 1,6$ mm)			
L1 (120 mm máximo)			
L2 (74 mm máximo)			
L3 (130 mm máximo)			

Tabla 42: Clase K2

Designación de las mediciones a realizar (K3)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 ($83 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($56 \pm 0,5$ mm)			
e3			
d2 ($10,5 + 0,270/- 0$) mm			
c (3 mm mínimo)			
f (175 mm máximo)			
g (100 mm máximo)			
a ($45 + 1,6$ mm)			
L1 (120 mm máximo)			
L2 (63 mm máximo)			
L3 (130 mm máximo)			

Tabla 43: Clase K3

Designación de las mediciones a realizar (K4)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 ($120 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($55 \pm 0,5$ mm)			
e3			
d2 ($15 + 0,270/-0$) mm			
c (3 mm mínimo)			
f (180 mm máximo)			
g (120 mm máximo)			
a ($45 + 1,6$ mm)			
L1 (120 mm máximo)			
L2 (74 mm máximo)			
L3 (150 mm máximo)			

Tabla 44: Clase K4

Designación de las mediciones a realizar (KA1)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 (120 ± 0,5 mm)			
e2 (55 ± 0,5 mm)			
e3			
d2 (15 + 0,270/- 0) mm			
c (3 mm mínimo)			
f (180 mm máximo)			
g (120 mm máximo)			
a (45 + 1,6 mm)			
L1 (250 mm máximo)			
L2 (90 mm máximo)			
L3 (150 mm máximo)			

Tabla 45: Clase KA1

Designación de las mediciones a realizar (KA2)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 (140 ± 0,5 mm)			
e2 (80 ± 0,5 mm)			
e3			
d2 (17 + 0,270/-0) mm			
c (3 mm mínimo)			
f (200 mm máximo)			
g (140 mm máximo)			
a (45 + 1,6 mm)			
L1 (300 mm máximo)			
L2 (90 mm máximo)			
L3 (200 mm máximo)			

Tabla 46: Clase KA2

Designación de las mediciones a realizar (KA3)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 ($160 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($100 \pm 0,5$ mm)			
e3			
d2 ($21 + 0,270/-0$) mm			
c (3 mm mínimo)			
f (200 mm máximo)			
g (200 mm máximo)			
a ($45 + 1,6$ mm)			
L1 (300 mm máximo)			
L2 (90 mm máximo)			
L3 (200 mm máximo)			

Tabla 47: Clase KA3

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Giro mínimo de $\pm 90^\circ$ horizontalmente en torno al eje vertical del acoplamiento			
Giro mínimo $\pm 40^\circ$ verticalmente en torno al eje horizontal transversal del acoplamiento			
Giro mínimo $\pm 20^\circ$ de rotación axial en torno al eje longitudinal del acoplamiento			

Tabla 48: Giros y rangos de movimiento entre acoplamientos de clase K y clase L

Acoplamientos de quinta rueda

Designación de las mediciones a realizar	Clase	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud máxima de 460 mm	-			
Longitud de 52 ± 2 mm	-			
Longitud máxima de 25 mm	-			
Longitud de 32 mm	-			
Longitud del parámetro H (ver tabla inferior e indicar la clase mediante el número)				
Radio máximo de 30 mm	-			
(k) Longitud de 137 ± 3 mm (medido 32 mm por debajo de la cara superior a una distancia de 200 mm del eje central transversal del acoplamiento)	-			
Ángulo de giro mínimo de $\pm 12^\circ$ (Indicar el menor en valor absoluto)	-			
Ángulo de $2^\circ \pm 0,5^\circ$	-			

Tabla 49: Dimensiones de acoplamientos de 5ª rueda

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud mínima de 360 mm			
⁽¹⁾ Longitud mínima de 350 mm			
Longitud máxima de 200 mm			
Longitud máxima de 960 mm			
Longitud de 880 mm			
Longitud de 695 mm			
Longitud de 510 mm			
Longitud de 406 mm			
Ángulo de $40^\circ \pm 1$			
*Orificios elípticos de 23 ± 2 mm x 17 ± 2 mm			
*Orificios circulares con diámetro de 17 ± 2 mm			

Tabla 15: Dimensiones de acoplamientos de 5ª rueda (2)

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
$\pm 90^\circ$ en torno al eje vertical			

$\pm 12^\circ$ en torno al eje transversal a la dirección de la marcha			
$\pm 3^\circ$ de rotación axial máxima en torno al eje longitudinal (prestar atención a las indicaciones previas sobre este parámetro)			

Tabla 50: Rangos y ángulos de movimiento

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud máxima acoplado de 218 mm			
Longitud no acoplado de 198 mm			
⁽²⁾ Longitud de 110 $\begin{smallmatrix} +10 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			
⁽¹⁾ Longitud de 60 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -5 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 60 ± 20 mm			
Longitud de 144 $\pm 0,5$ mm			
Longitud de 18 mm			
Longitud mínima de 50 mm			
Ángulo de 2° $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ -0 \end{smallmatrix}$			
Ángulo de 40° $\begin{smallmatrix} +0 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$			
Radio de 8 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			
Chaflán de 45°			

Tabla 13: Dimensiones de cuña de dirección

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud de 880 mm			
Longitud de 695 mm			
Longitud de 510 mm			
Longitud de 406 mm			
Orificios circulares con diámetro de 17 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			

Tabla 51: Dimensiones para acoplamiento de placa de soporte

Anillos de remolque

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud de $45 \pm 0,5$ mm			
Diámetro interno del manguito de 50 mm			
Longitudes de profundidad del chaflán de 2,5 mm			
Anchura máxima de la ranura de 2 mm (máximo)			
Espesor del manguito de 5 mm			
Ángulo del chaflán de 30°			

Tabla 52: Dimensiones de anillos de remolque de clase D50

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Diámetro externo del manguito de 60 mm			
Diámetro interno del manguito de 50 mm			
Longitud de $44 \pm 0,5$ mm			
Longitudes de profundidad del chaflán de $5 \pm 0,5$ mm			
Ángulo del chaflán de 40°			

Tabla 53: Dimensiones de anillo de remolque de clase D50-C

Clase y parámetro		Medida realizada	Válido	No válido
D 50-A	h ($65 +2/-1$ mm)			
	b ($60 +2/-1$ mm)			
D 50-X	h (máximo 80 mm)			
	b (máximo 62 mm)			

Tabla 54: Valores de los parámetros "h" y "b" de acoplamientos de clase D50-A y D50-X

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud de 210 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -10 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 80 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 45 mm			
Longitud de 40 mm			
Diámetro de esfera de 115 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -1 \end{smallmatrix}$ mm			
Diámetro interno de 60 $\begin{smallmatrix} +0,190 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 32,5 ± 1,5 mm			
Radio de acuerdo R15 mm			
Profundidad del chaflán de 1,5 mm			
Ángulo del chaflán de 45 °			
Comprobación de la orientación del manguito de 45°			
Ángulo de 20°			

Tabla 55: Dimensiones y ángulos para anillos de remolque de las clases D50-A y D50-X

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud de 245 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 230 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 222 mm			
Longitud de 210 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -10 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 157 mm			
Diámetro de 80 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			
Diámetro de 70,6 ± 0,1 mm			
Longitud de 67 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$ mm			
Diámetro de eje de 60 $\begin{smallmatrix} -0,100 \\ -0,220 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 60 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 12 mm			
Diámetro exterior y paso de la rosca M45x3 (Introducir la métrica "sin la M" en la celda superior y el paso en la inferior)			
Medida de chaflán de 1 $\begin{smallmatrix} +1 \\ -0 \end{smallmatrix}$ x 45° (Introducir la longitud en la celda superior y el ángulo en la inferior)			
Radio máximo de R5 mm			
Conicidad de 1:10 (Introducir el numerador en la celda superior y el denominador en la inferior)			

Tabla 56: Dimensiones y ángulos de anillos de remolque de la clase D50-B

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud de 185 mm			
Longitud de 173 mm			
Diámetro de 70,6 $\begin{smallmatrix} +0,2 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			
Medida de chaflán de 6x45° (Introducir la longitud en la celda superior y el ángulo en la inferior)			
Diámetro interno de 60 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -0,046 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 12 mm			
Radio máximo de R1 mm			
Conicidad de 1:10 (Introducir el numerador en la celda superior y el denominador en la inferior)			

Tabla 57: Dimensiones del frontal de la barra de tracción para el anillo de remolque

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud de 250 mm			
Longitud de 210 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -10 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 67 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 32 mm			
Longitud de 26 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$ mm			
Diámetro de 34 mm			
Diámetro de 17 mm			
Longitudes de 154 mm (ancho x alto de la sección A-A)			
Longitud de 110 ± 0,5 mm			
Longitud de 110 ± 0,5 mm			
Longitud de 100 ± 0,5 mm			
Longitud de 60 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$ mm			
Radio de acuerdo de máximo R10 mm			

Tabla 58: Dimensiones y ángulos de anillos de remolque de clase D50-C y D50-D

Designación de las mediciones a realizar (L1,L5)	Medida realizada	Válido	No válido
a (longitud de $68 \begin{smallmatrix} +1,6 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm)			
b (longitud de $41,2 \pm 0,8$ mm)			
c (longitud de 70 mm)			

Tabla 59: Dimensiones de anillo de remolque de clase L1 y L5

Designación de las mediciones a realizar (L2, L3, L4)	Medida realizada	Válido	No válido
a (longitud de $76,2 \pm 0,8$ mm)			
b (longitud de $41,2 \pm 0,8$ mm)			
c (longitud de 65 mm)			

Tabla 60: Dimensiones de anillo de remolque de clase L2, L3 y L

Bolas de remolque

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Rugosidad Ra de $6,3 \mu\text{m}$			
Diámetro de $29 \begin{smallmatrix} +0 \\ -2 \end{smallmatrix}$ mm			
Diámetro de 17 ± 2 mm			
Diámetro de la esfera de $50 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0,390 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud mínima de 32mm			
Longitud mínima de 15 mm			
Radio de acuerdo de 3 mm (cóncavo)			

Tabla 61: Dimensiones de elemento esférico de bola de remolque clase A

Designación de las mediciones a realizar (A 50-1)	Medida realizada	Válido	No válido
e ₁ ($90 \pm 0,5$ mm)			

e ₂ (no procede para esta clase)			
d ₂ (17 + 0,270 mm)			
f (130 ± 6.0 mm)			
g (50 ± 6.0 mm)			
c (15 mm "Máximo")			
l (55 ± 6.0 mm)			
h (70 ± 6.0 mm)			

Tabla 62: Dimensiones de acoplamiento de bola normalizados con pestaña de clase A 50-1

Designación de las mediciones a realizar (A 50-2, A 50-4)	Medida realizada	Válido	No válido
e ₁ (83 ± 0.5 mm)			
e ₂ (56 ± 0.5 mm)			
d ₂ (10,5 + 0,270 mm)			
f (110 ± 6.0 mm)			
g (85 ± 6.0 mm)			
c (15 mm "Máximo")			
l (110 ± 6.0 mm)			
h (80 ± 6.0 mm)			

Tabla 63: Dimensiones de acoplamientos de bola con pestaña normalizados de las clases A50-2 y A50-4

Designación de las mediciones a realizar (A 50-3, A 50-5)	Medida realizada	Válido	No válido
e ₁ (120 ± 0.5 mm)			
e ₂ (55 ± 0.5 mm)			
d ₂ (15 + 0,270 mm)			
f (155 ± 6.0 mm)			
g (85 ± 6.0 mm)			
c (15 mm "Máximo")			
l (120 ± 6.0 mm)			
h (80 ± 6.0 mm)			

Tabla 64: Dimensiones de acoplamientos de bola con pestaña normalizados de las clases A50-3 a A50-5

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Único punto de anclaje (longitud máxima de 100 mm)			

Dos puntos de anclaje (longitud máxima de 250 mm)			
---	--	--	--

Tabla 65: Distancia de puntos de anclaje de acoplamiento de clase A

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Distancia mínima de 140 mm			
Distancia mínima de 65 mm			
Distancia mínima de 55 mm			
Distancia mínima de 32 mm			
Distancia máxima de 250 mm			
Distancia máxima de 100 mm			
Ángulos de 45°			
Ángulo de 65°			
Ángulo α			
Distancia centro de la bola-suelo 350 - 420 mm			

Tabla 66: Dimensiones para de espacios libres para bola de remolque (1)

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Distancias mínimas de 75 mm			
Distancia máxima de 100 mm			
Radio máximo de 40 mm			
Radio de 14,5 mm			
Ángulos máximos de 30°			
Ángulos β			
Ángulo máximo de 15°			

Tabla 67: Dimensiones para de espacios libres para bola de remolque (2)

Barras de tracción

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Distancia mínima de 300 mm por encima y por debajo de la horizontal			

Barras de tracción con freno de inercia incorporado (criterio adicional)	Distancia mínima de 200 mm entre el centro del anillo de remolque y el extremo del vástago desplazable en posición de accionamiento del freno.			
	Distancia mínima de 150 mm entre el centro del anillo de remolque y el extremo del vástago desplazable estando el vástago completamente introducido			

Tabla 68: Distancias mínimas para elementos de barras de tracción

Cabezas de acoplamiento

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Rotación horizontal mínima de 90° a cada lado del eje longitudinal (indicar el menor ángulo medido)			
Rotación vertical mínima de 20° por encima y por debajo de la línea horizontal (indicar el menor ángulo medido)			
Rotación de cabeceo mínima de 25° por encima y por debajo de la línea horizontal con rotación horizontal de 90° a uno de los lados del eje longitudinal (indicar el menor ángulo medido)			

Tabla 69: Rotaciones mínimas establecidas

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Cabeceo vertical de $\pm 15^\circ$ con balanceo axial de $\pm 25^\circ$ (Indicar el cabeceo en la casilla superior y el balanceo en la inferior, y emplear solo la menor medida realizada)			
Cabeceo vertical de $\pm 20^\circ$ con balanceo axial de $\pm 10^\circ$ (Indicar el cabeceo en la casilla superior y el balanceo en la inferior, y emplear solo la menor medida realizada)			

Tabla 70: Ángulos de giro y rangos de movimiento mínimos

Ganchos de remolque y brazos de tracción

Designación de las mediciones a realizar (C 50-1)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 ($83 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($56 \pm 0,5$ mm)			
d1 (No procede para esta clase)			
d2 ($10,5 + 0,330$ mm/-0 mm)			
f ($110 + 6$ mm)			
g ($85 \pm 3,0$ mm)			
a ($100 + 20$ mm)			
b ($150 + 20$ mm)			
c (20 mm “Máximo”)			
h (150 mm “Máximo”)			
I1 (No procede para esta clase)			
I2 (150 mm “Máximo”)			
I3 (100 ± 20 mm)			
T (No procede para esta clase)			

Tabla 71: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-1

Designación de las mediciones a realizar (C 50-2)	Medida realizada	Válido	No válido
---	------------------	--------	-----------

e1 (83 ± 0,5 mm)			
e2 (56 ± 0,5 mm)			
d1 (54 mm “Máximo”)			
d2 (10,5 + 0,330 mm)			
f (110 + 6 mm)			
g (85 ± 3,0 mm)			
a (170 + 20 mm)			
b (280 + 20 mm)			
c (20 mm “Máximo”)			
h (190 mm “Máximo”)			
I1 (150 mm “Máximo”)			
I2 (300 mm “Máximo”)			
I3 (160 ± 20 mm)			
T (15 mm “Máximo”)			

Tabla 72: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-2

Designación de las mediciones a realizar (C 50-3)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 (120 ± 0,5 mm)			
e2 (55 ± 0,5 mm)			
d1 (74 mm “Máximo”)			
d2 (15 + 0,330 mm)			
f (155 + 6 mm)			
g (90 ± 3,0 mm)			
a (200 + 20 mm)			
b (360 + 20 mm)			
c (24 mm “Máximo”)			
h (265 mm “Máximo”)			
I1 (250 mm “Máximo”)			
I2 (330 mm “Máximo”)			
I3 (180 ± 20 mm)			
T (20 mm “Máximo”)			

Tabla 73: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-3

Designación de las mediciones a realizar (C 50-4)	Medida realizada	Válido	No válido
---	------------------	--------	-----------

e1 (140 ± 0,5 mm)			
e2 (80 ± 0,5 mm)			
d1 (84 mm “Máximo”)			
d2 (17 + 0,330 mm)			
f (180 + 6 mm)			
g (120 ± 3,0 mm)			
a (200 + 20 mm)			
b (360 + 20 mm)			
c (30 mm “Máximo”)			
h (265 mm “Máximo”)			
I1 (300 mm “Máximo”)			
I2 (330 mm “Máximo”)			
I3 (180 ± 20 mm)			
T (35 mm “Máximo”)			

Tabla 74: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-4

Designación de las mediciones a realizar (C 50-5, C 50-6, C 50-7)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 (160 ± 0,5 mm)			
e2 (100 ± 0,5 mm)			
d1 (94 mm “Máximo”)			
d2 (21 + 0,330 mm)			
f (200 + 6 mm)			
g (140 ± 3,0 mm)			
a (200 + 20 mm)			
b (360 + 20 mm)			
c (30 mm “Máximo”)			
h (265 mm “Máximo”)			
I1 (300 mm “Máximo”)			
I2 (330 mm “Máximo”)			
I3 (180 ± 20 mm)			
T (35 mm “Máximo”)			

Tabla 75: Dimensiones de gancho de remolque de clase C50-5, C50-6 y C50-7

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud de máxima de 250 mm			
Longitud de máxima de 140 mm			
Longitud de máxima de 45 mm			
Longitud de mínima de 40 mm			
Diámetro mínimo de 48,6 mm			

Tabla 76: Dimensiones comunes para todos los ganchos de remolque normalizado

Clase F

Designación de las mediciones a realizar (Compatible con clase C 50-1)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 ($83 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($56 \pm 0,5$ mm)			
d1 (No procede para esta clase)			
d2 ($10,5 + 0,330$ mm)			
T (No procede para esta clase)			
F (120 mm “Mínimo”)			
G (95 mm “Mínimo”)			
L1 (No procede para esta clase)			

Tabla 77: Dimensiones compatibles para clase C50-1

Designación de las mediciones a realizar (Compatible con C 50 -2)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 ($83 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($56 \pm 0,5$ mm)			
d1 ($55 +1/-0,5$ mm)			
d2 ($10,5 + 0,330$ mm)			
T (15 mm “Máximo”)			
F (120 mm “Mínimo”)			
G (95 mm “Mínimo”)			
L1 (200 mm “Mínimo”)			

Tabla 78: Dimensiones compatibles para clase C50-2

Designación de las mediciones a realizar (Compatible con clase C 50-3)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 ($120 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($55 \pm 0,5$ mm)			
d1 ($75 +1/-0,5$ mm)			
d2 ($15 + 0,330$ mm)			
T (20 mm “Máximo”)			
F (165 mm “Mínimo”)			
G (100 mm “Mínimo”)			
L1 (300 mm “Mínimo”)			

Tabla 79: Dimensiones compatibles para clase C50-3

Designación de las mediciones a realizar (Compatible con clase C 50-4)	Medida realizada	Válido	No válido
e1 ($140 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($80 \pm 0,5$ mm)			
d1 ($85 +1/-0,5$ mm)			
d2 ($17 + 0,330$ mm)			
T (35 mm “Máximo”)			
F (190 mm “Mínimo”)			
G (130 mm “Mínimo”)			
L1 (400 mm “Mínimo”)			

Tabla 80: Dimensiones compatibles para clase C50-4

Designación de las mediciones a realizar (Compatible con las clases C 50-5, C 50-6 y C 50-7)	Medida realizada	Válido	No válido
--	------------------	--------	-----------

e1 ($160 \pm 0,5$ mm)			
e2 ($100 \pm 0,5$ mm)			
d1 ($95 +1/-0,5$ mm)			
d2 ($21 + 0,330$ mm)			
T (35 mm “Máximo”)			
F (210 mm “Mínimo”)			
G (150 mm “Mínimo”)			
L1 (400 mm “Mínimo”)			

Tabla 81: Dimensiones compatibles para clase C50-5, C50-6 y C50-7

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Rotación horizontal mínima de 90° a ambos lados del eje longitudinal			
Rotación vertical mínima de 20° verticalmente en torno al eje transversal a ambos lados del plano horizontal			
Rotación axial mínima de 25° en torno al eje longitudinal del plano horizontal			

Tabla 82: Ángulos de rotación mínimos

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Rotación horizontal mínima de 50° a ambos lados			
Rotación vertical mínima de 6° verticalmente por encima y por debajo de la línea horizontal			
Rotación axial mínima de 6° a largo del eje longitudinal de los acoplamientos a ambos lados			

Tabla 83: Ángulos mínimos de articulación para acoplamiento

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Distancia máxima entre el centro del pivote de acoplamiento y el borde de la			

carrocería del vehículo de 550 mm.			
Distancia mínima de 60 mm de espacio libre en la palanca de mano			
Distancia mínima de 100 mm de espacio libre en la palanca de mano			

Tabla 84: Distancias y espacios libres

Pivotes de quinta rueda

Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
Longitud de 84 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -1,5 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 70 $\begin{smallmatrix} +1,5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm			
Longitud de 35 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -1,5 \end{smallmatrix}$ mm			
Diámetro de $73 \pm 0,1$ mm			
Diámetro de $71,5 \pm 0,4$ mm			
Diámetro de $50,8 \pm 0,1$ mm			
Radio de acuerdo de 3 $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm(cóncavo)			
Radio de acuerdo de 2 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$ mm(convexo)			

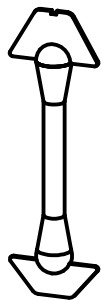
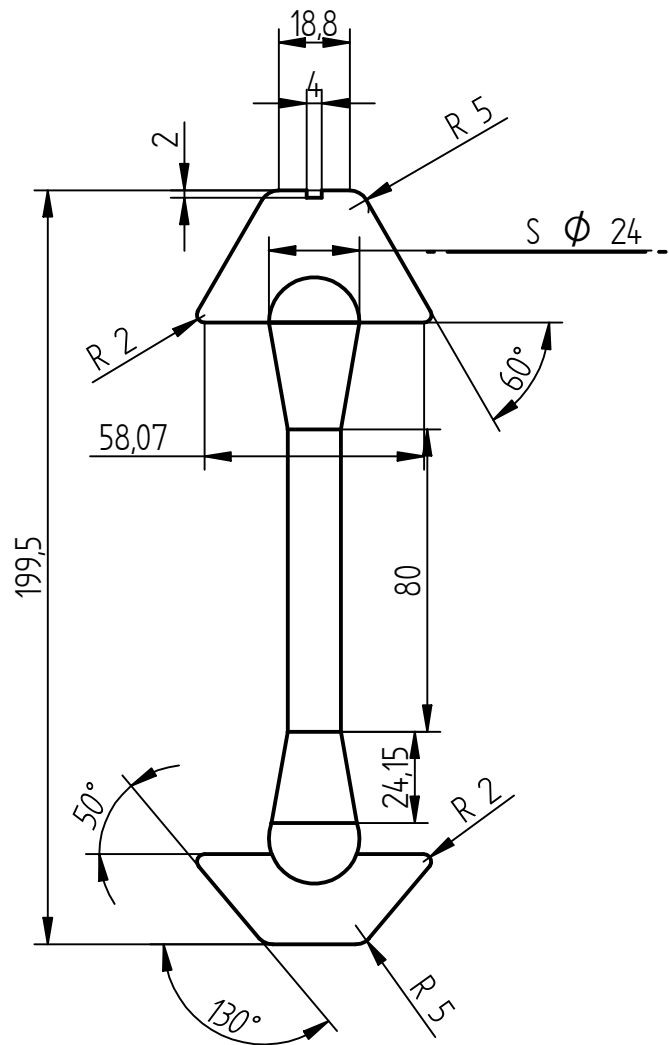
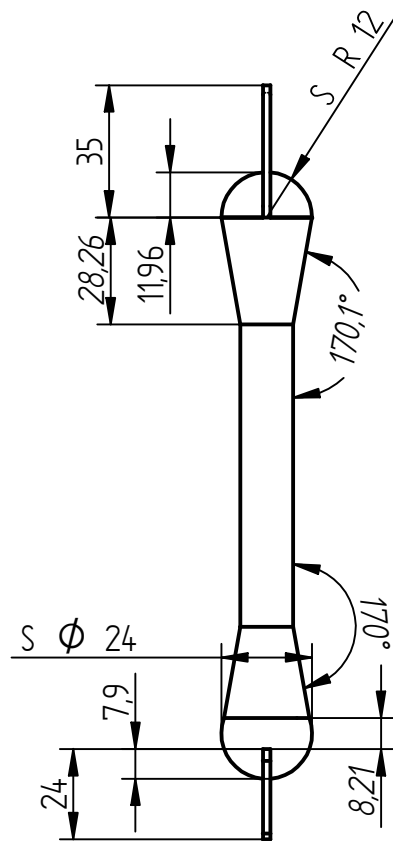
Tabla 85: Dimensiones y ángulos de pivotes de acoplamiento de 5ª rueda


Acoplamientos específicos de clase T

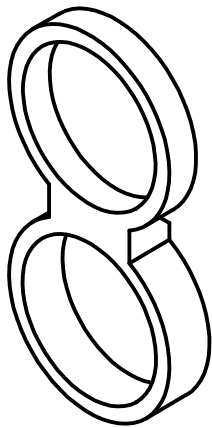
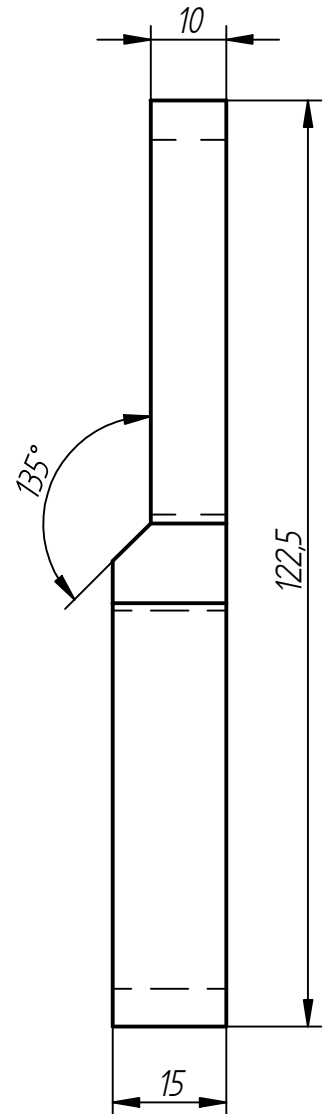
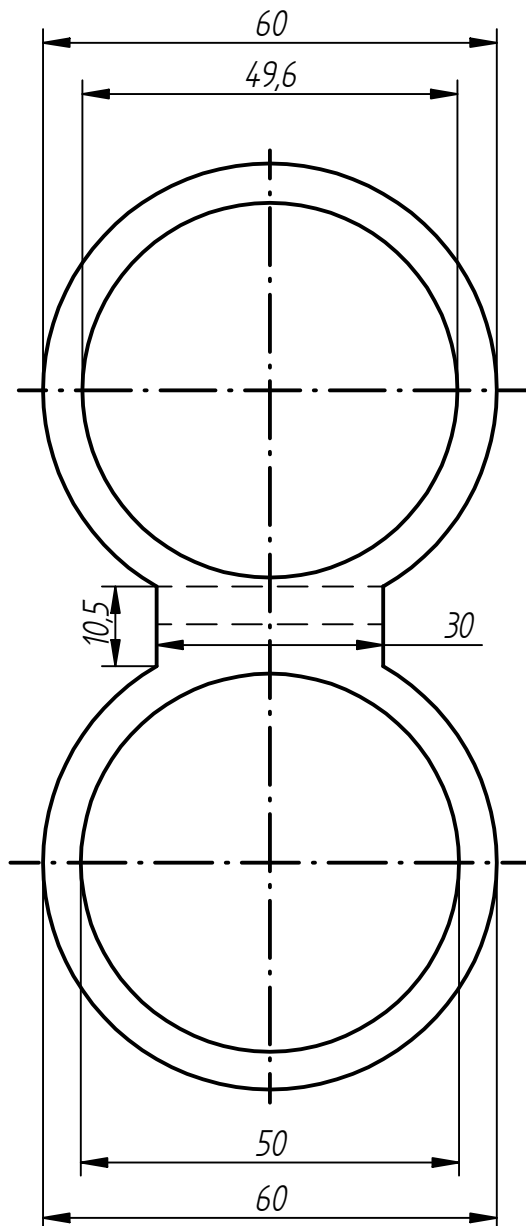
Designación de las mediciones a realizar	Medida realizada	Válido	No válido
$\pm 90^\circ$ en torno al eje vertical			
$\pm 8^\circ$ verticalmente en torno a un eje transversal			
$\pm 3^\circ$ de rotación axial en torno al eje longitudinal horizontal			

Tabla 86: Rangos de movimientos de acoplamientos específicos de clase T

Planos



	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación		
Aprobado	CSH	22/09/15	Galga para chaflanes internos 30° y 40°		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,01 y ±0,1°			Referencia		
Formato			Dim-01		
A4			Material: Acero AISI 1040 (revenido)		
			Escala: 1:2	Peso: -	Página : 1



	Nombre	Fecha
Dibujado	CSH	22/09/15
Comprobado	CSH	22/09/15
Aprobado	CSH	22/09/15
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,1$ y $\pm 0,01^\circ$		
Formato	A4	



Universidad
Carlos III de Madrid

Denominación

Galga para bolas de remolque

Referencia

Dim-02

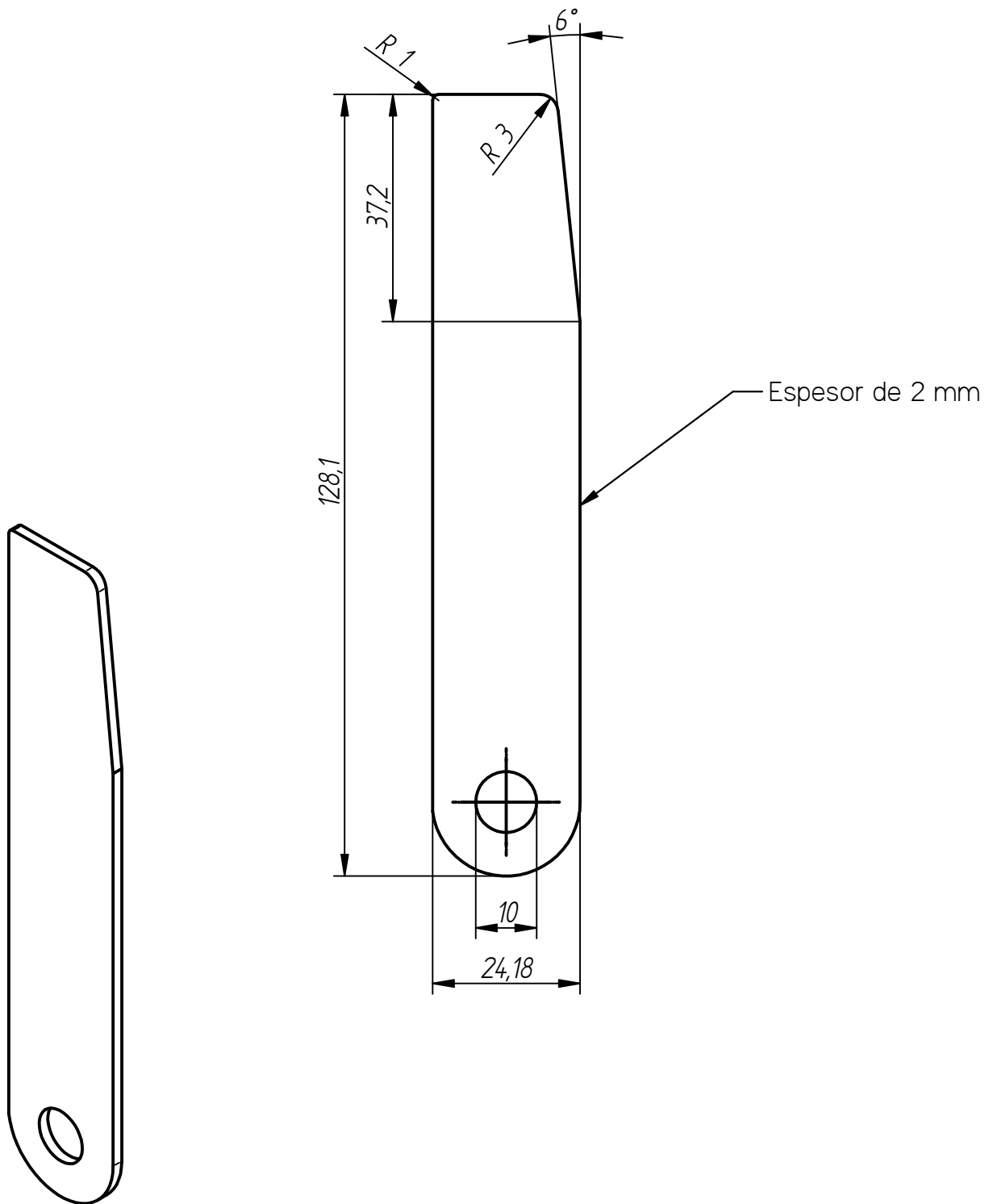
Material: Acero AISI 1040 (revenido)


Escala: 1:1

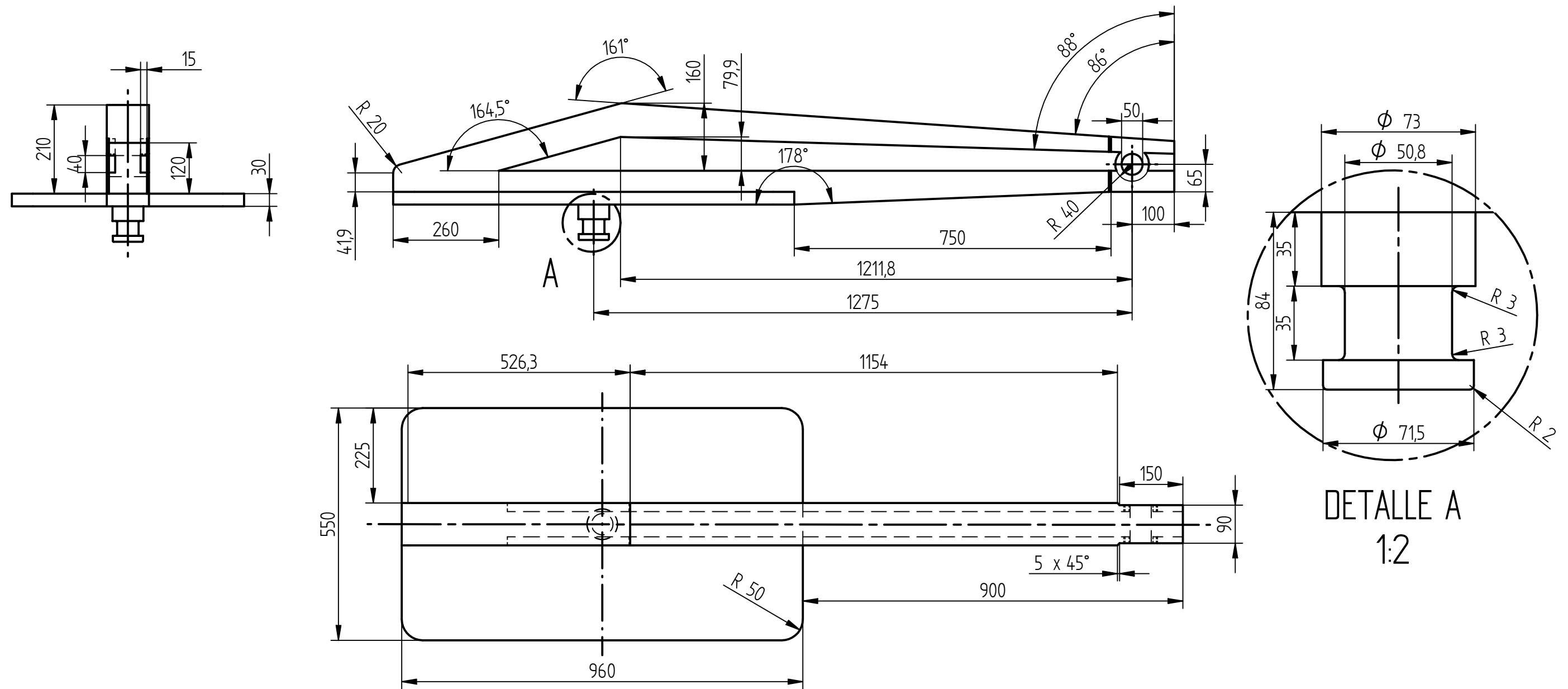
Peso:

Página: 2

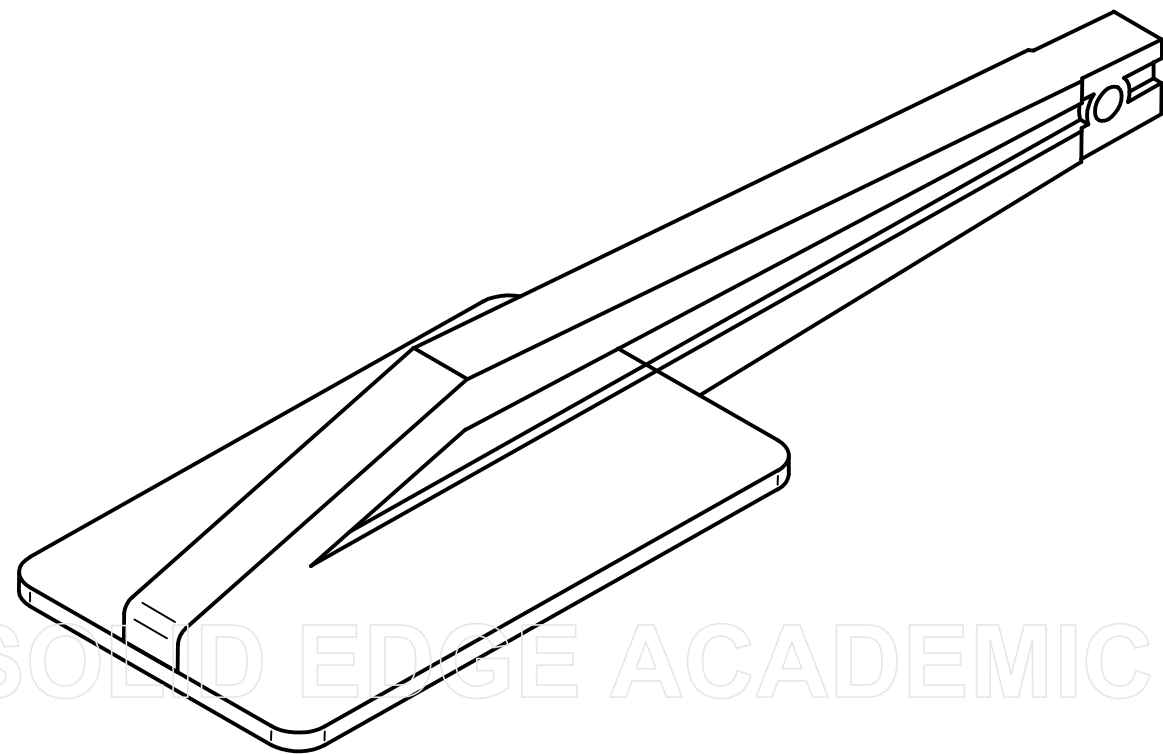
SOLID EDGE ACADEMIC COPY


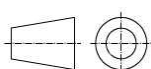


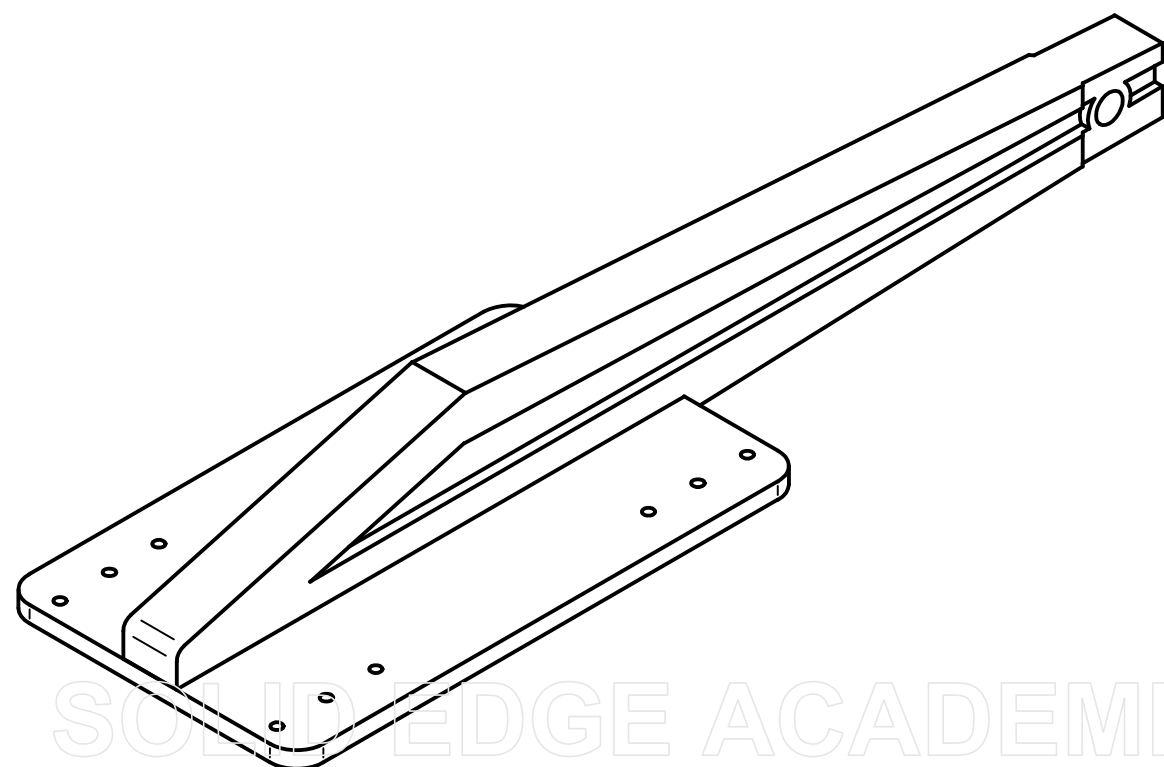
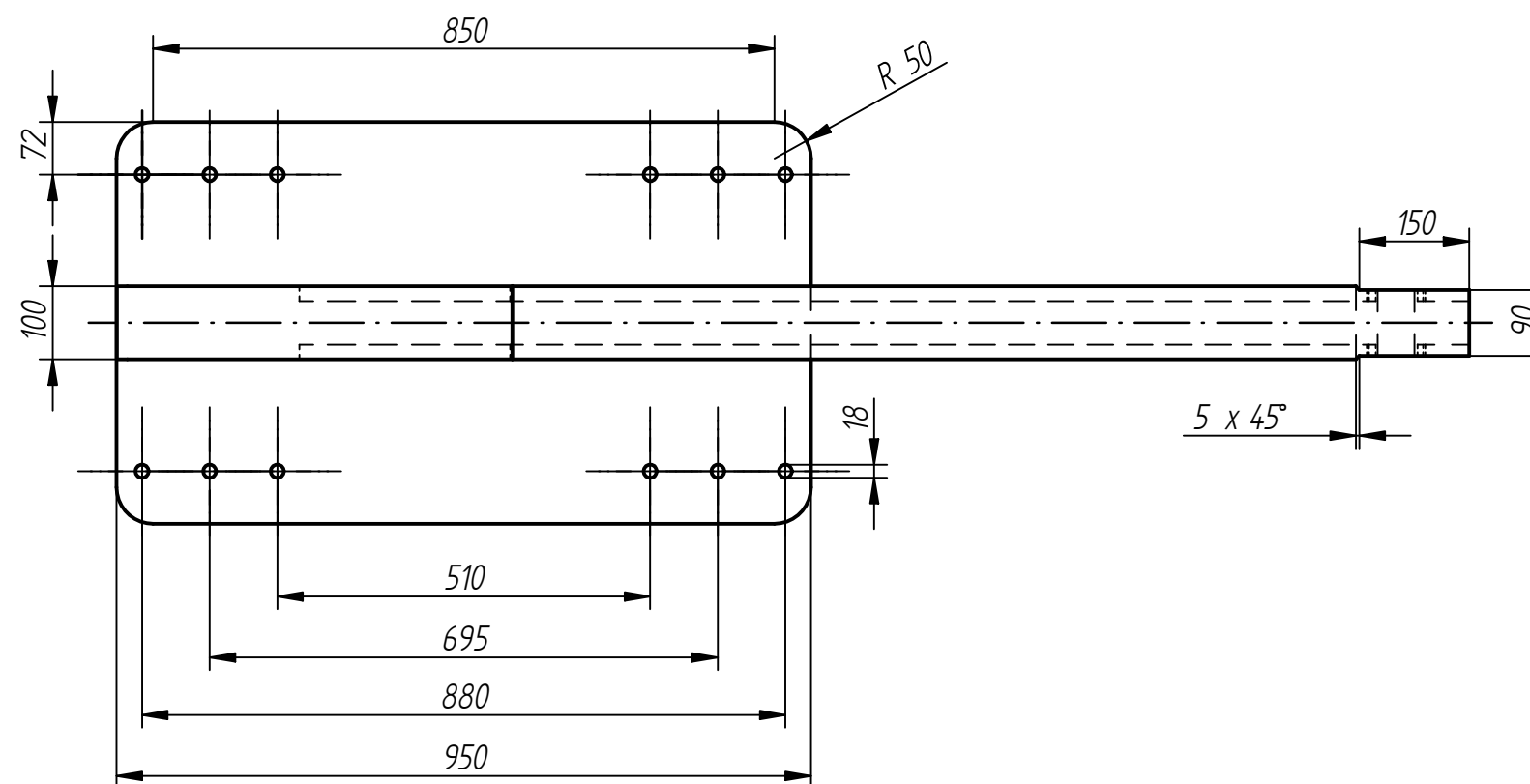
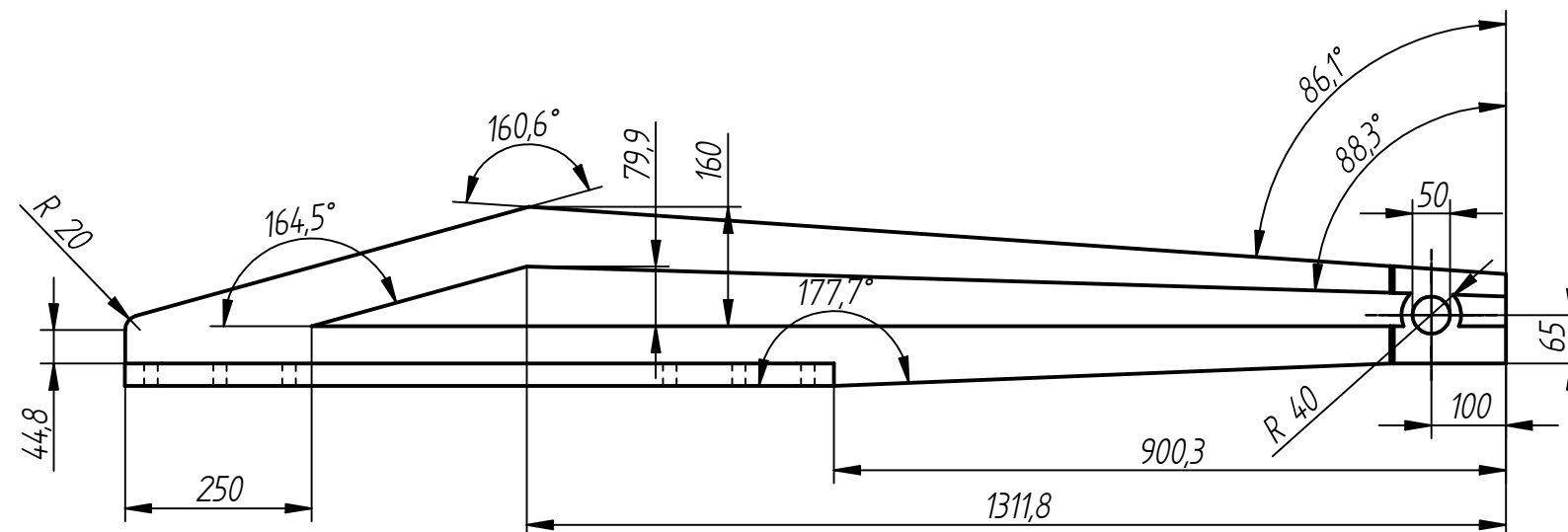
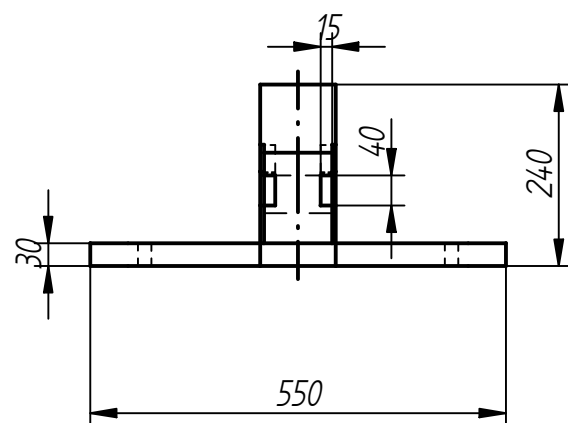
	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15			
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Denominación Galga para limite de conicidad		
			Referencia Dim-03		
Formato A4			Material: Acero AISI 1040 (revenido)		
			Escala: 1:1	Peso:	Página: 3



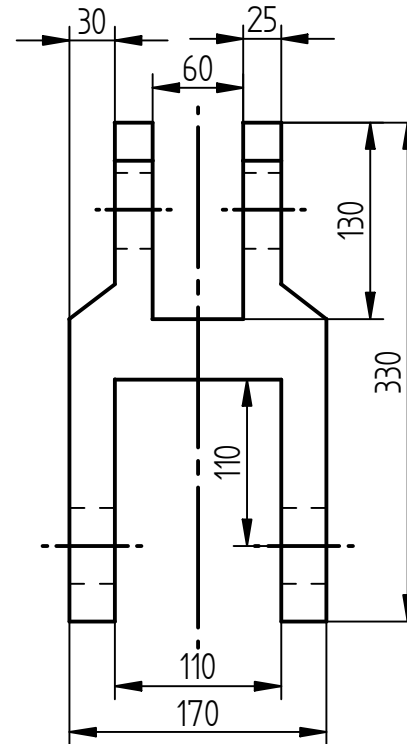
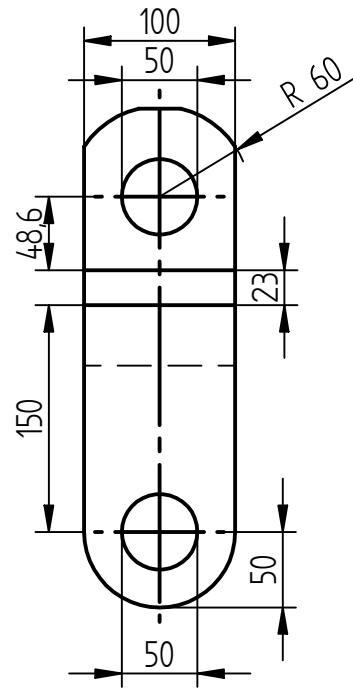
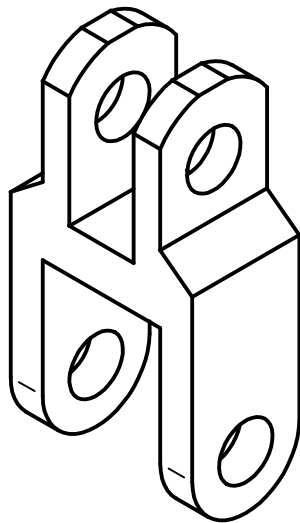
DETALLE A
1:2



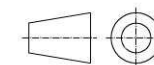
	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación Palanca para ensayo de elevación		
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,01 y ±0,1°			Referencia ENS-001		
Formato A3			Material: Acero AISI 1040 (revenido)		
			Escala: 1:10	Peso: 324,62 Kg	Página: 4

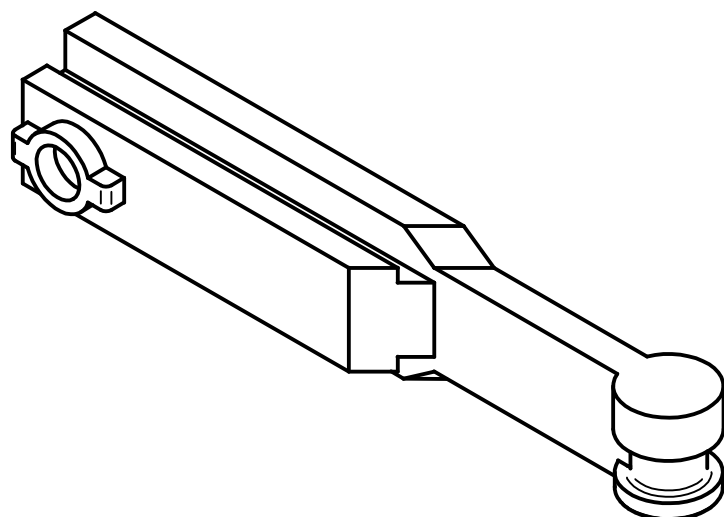
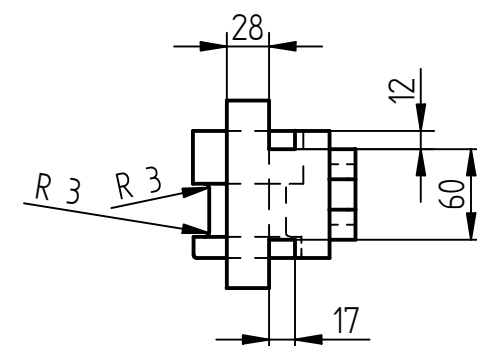
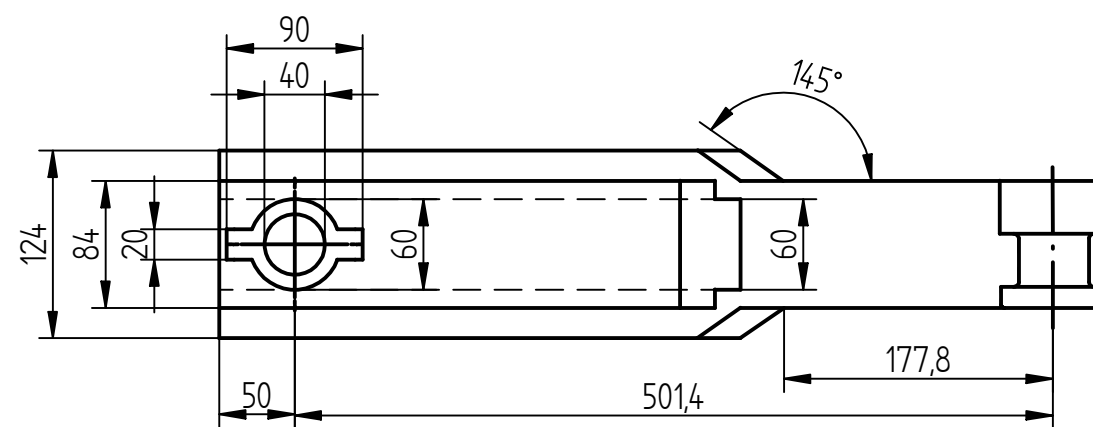
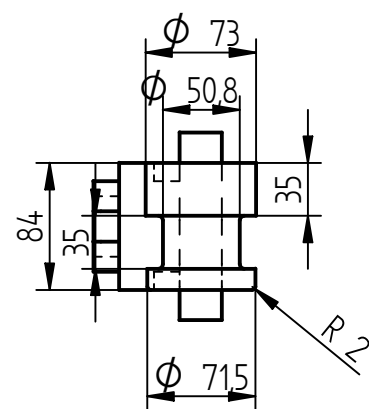
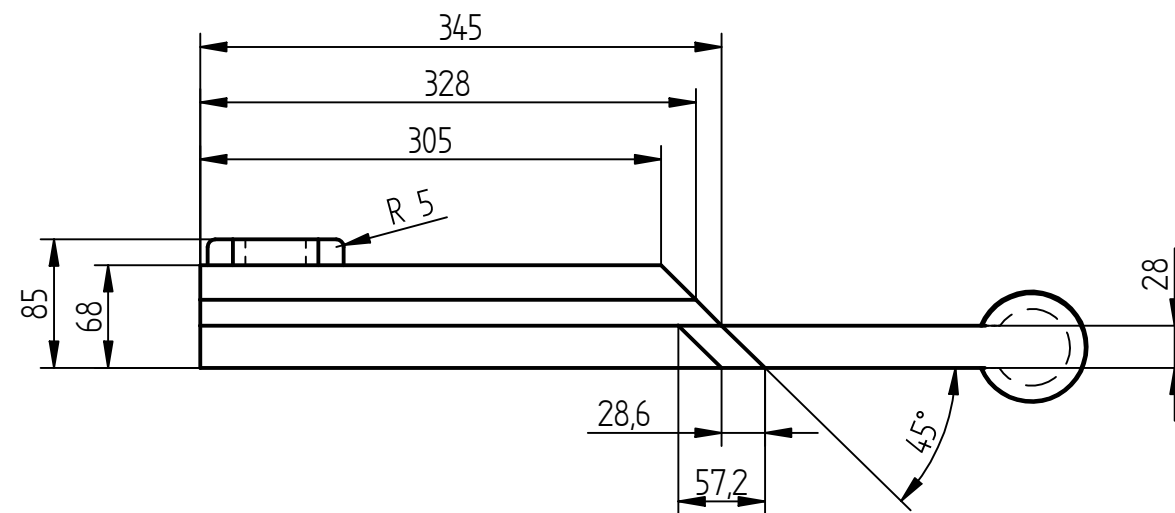


	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	Carlos	22/09/15			
Comprobado	Carlos	22/09/15	Denominación		
Aprobado	Carlos	22/09/15	Palanca para ensayo de elevación para clase J		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Referencia		
Formato			Material: Acero AISI 1040 (revenido)		
A3			Escala: 1:10		
			Peso: 321,25 Kg		
			Página: 5		

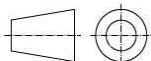


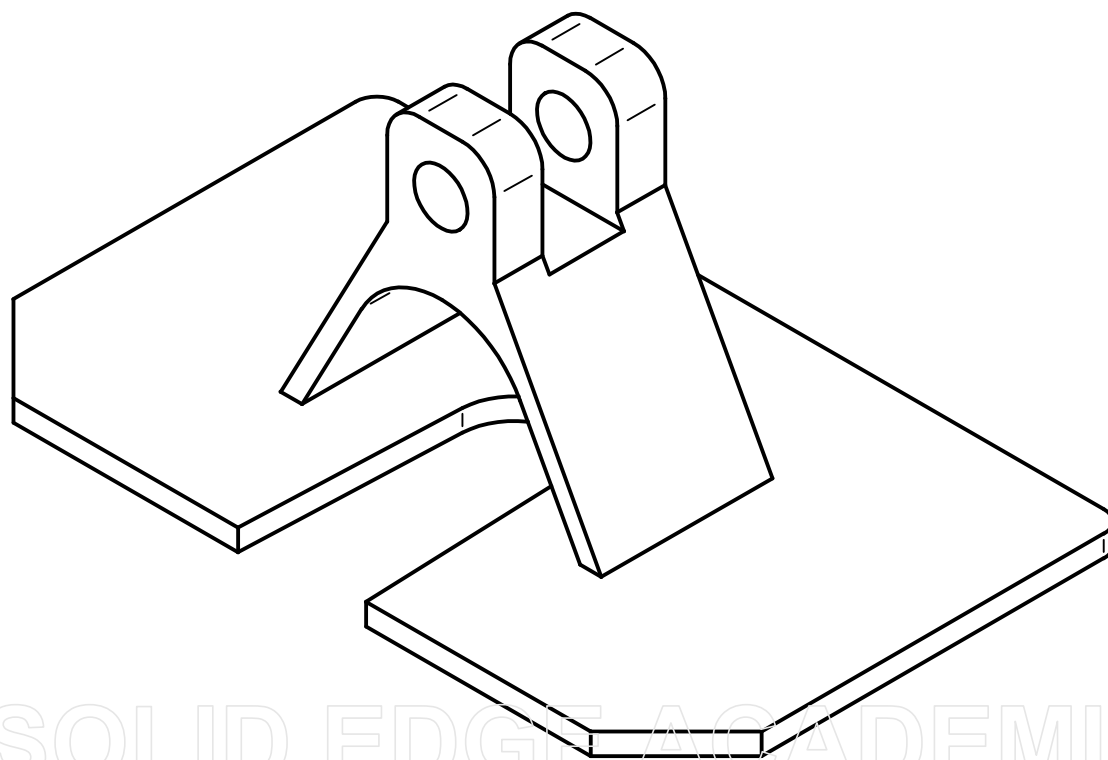
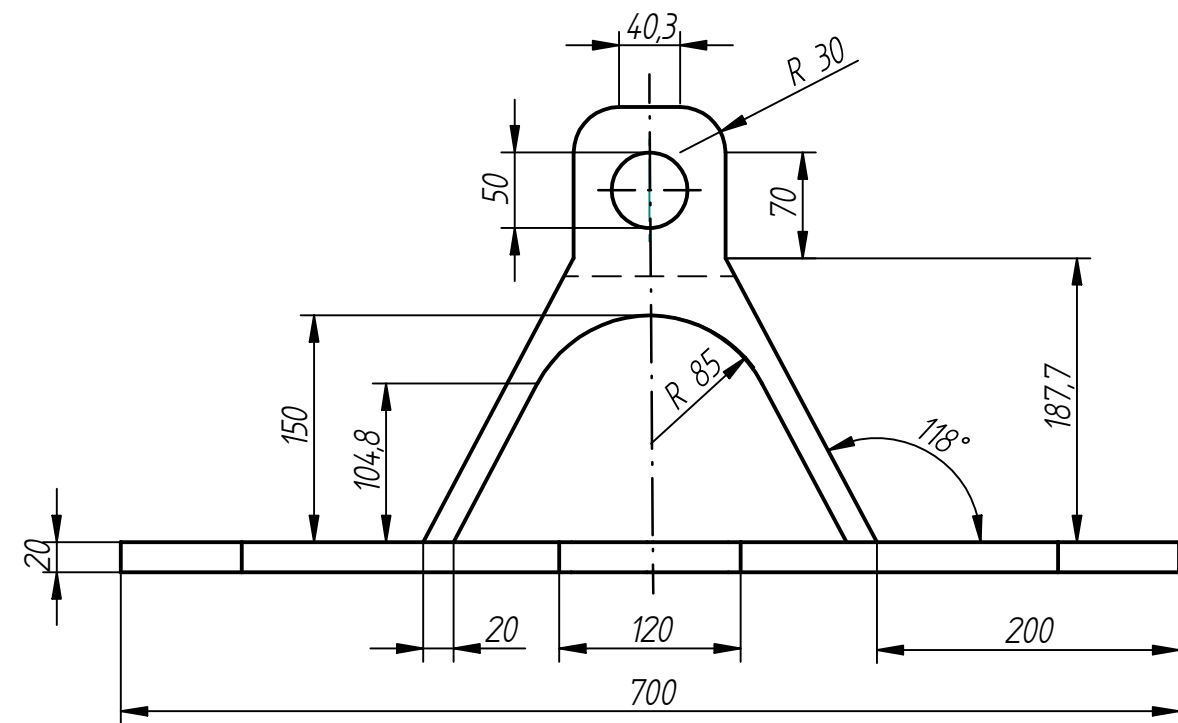
	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15			
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Denominación		
			Soporte para palanca de elevación		
			Referencia		
			ENS-003		
			Material: Acero AISI 1040 (revenido)		
			Escala: 1:5	Peso: 14,93 Kg	Página: 6

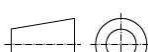


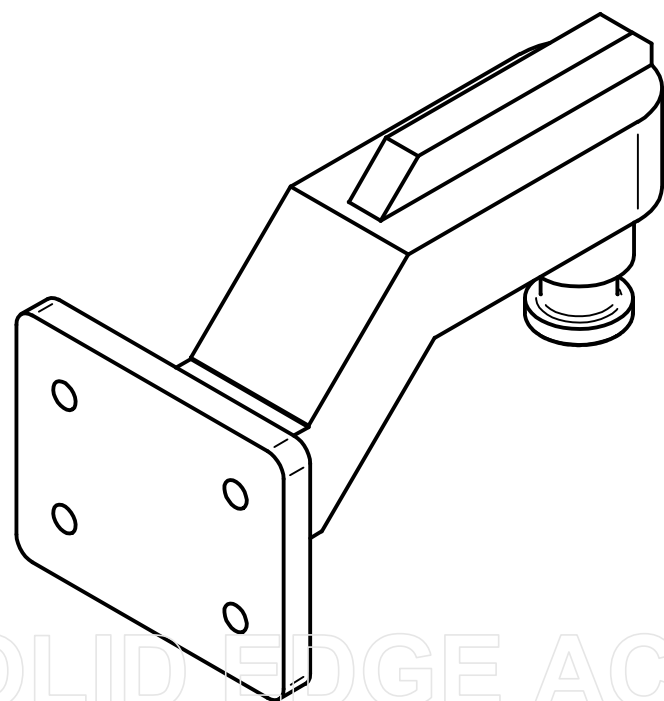
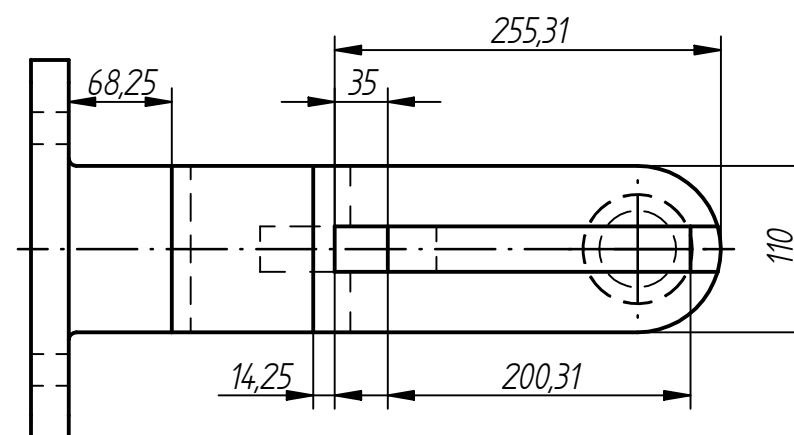
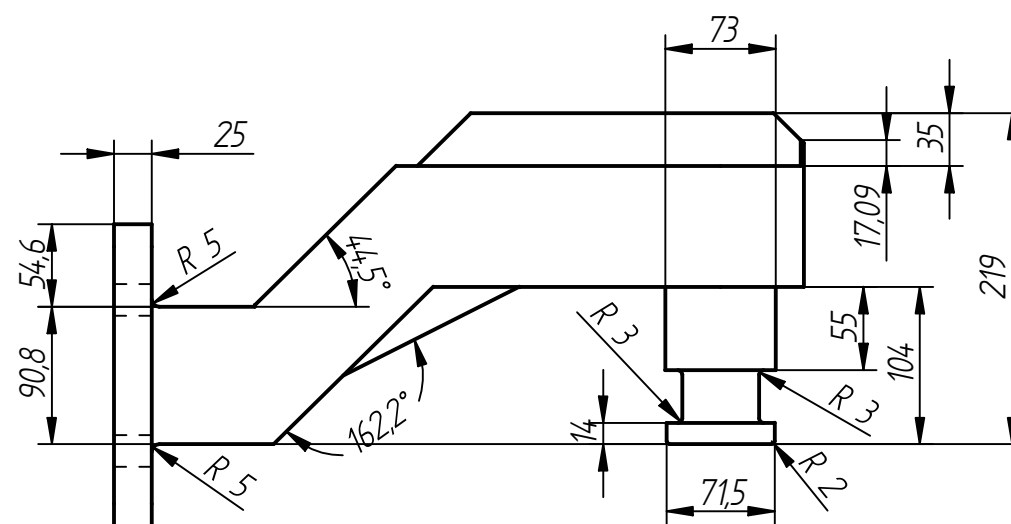
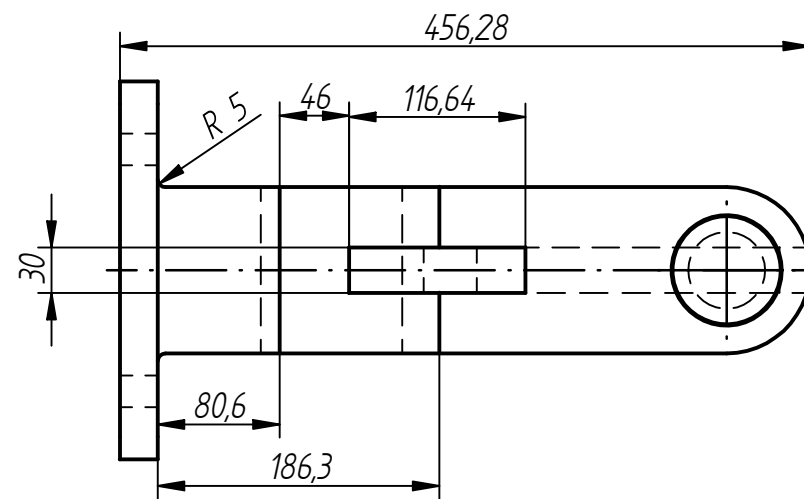
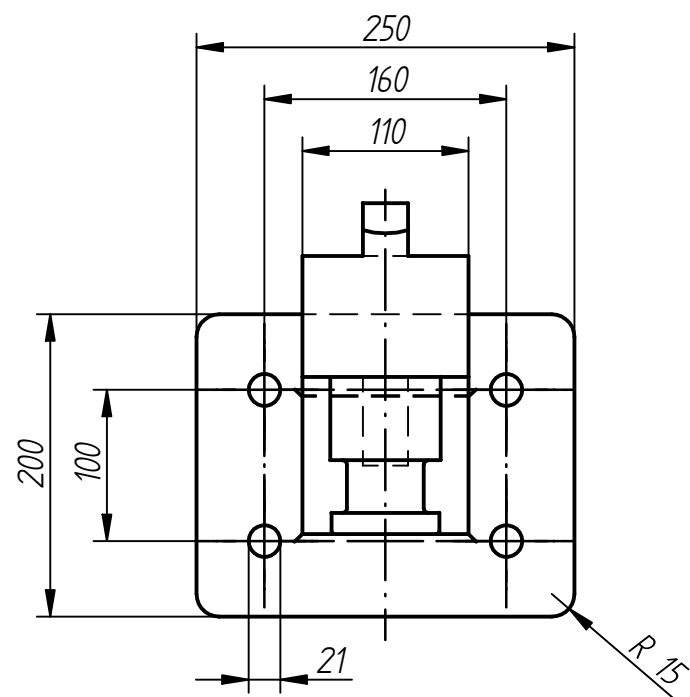


SOLID EDGE ACADEMIC COPY

	Nombre	Fecha	 <div>Universidad Carlos III de Madrid</div>		
Dibujado	CSH	22/09/15	Denominación Palanca para ensayo de flexión		
Comprobado	CSH	22/09/15			
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,01 y ± 0,1			Referencia ENS-004		
Formato A3			Material: Acero AISI 1040 (revenido)		
			Escala: 1:5	Peso: 14,54 Kg	Página: 7

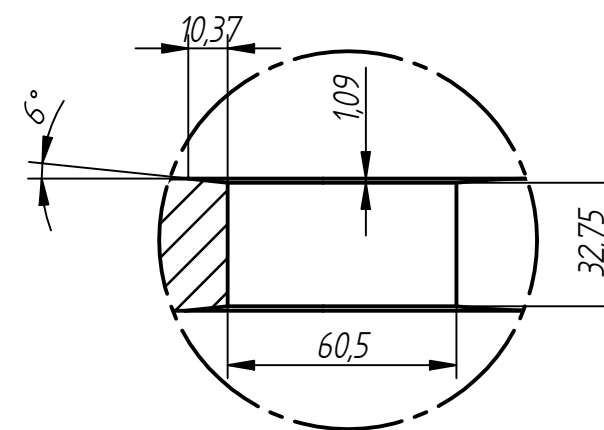
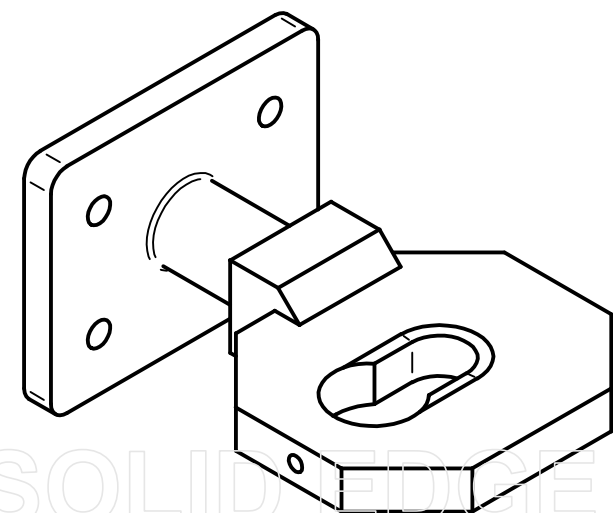
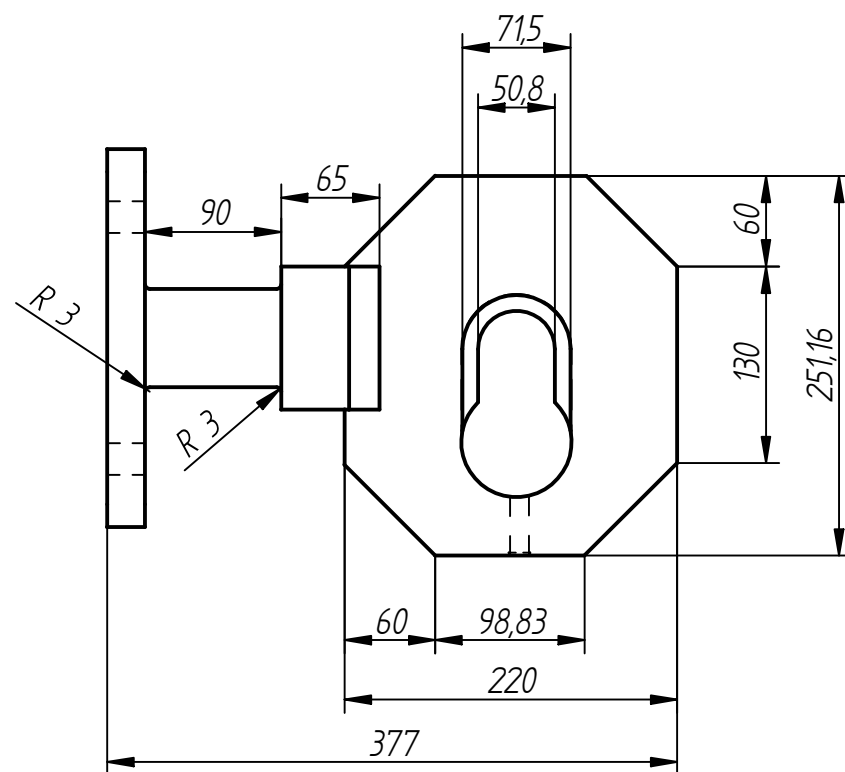
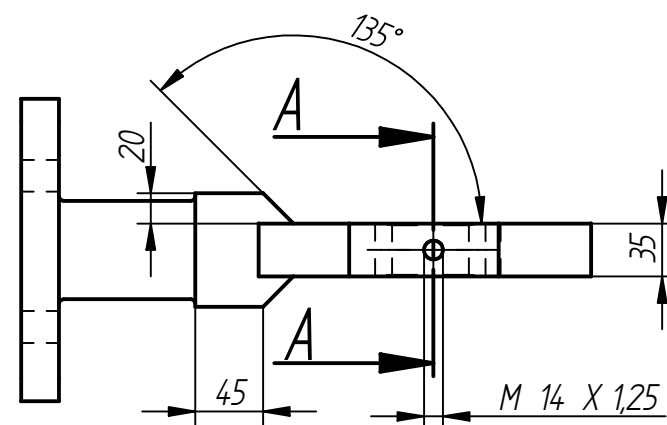
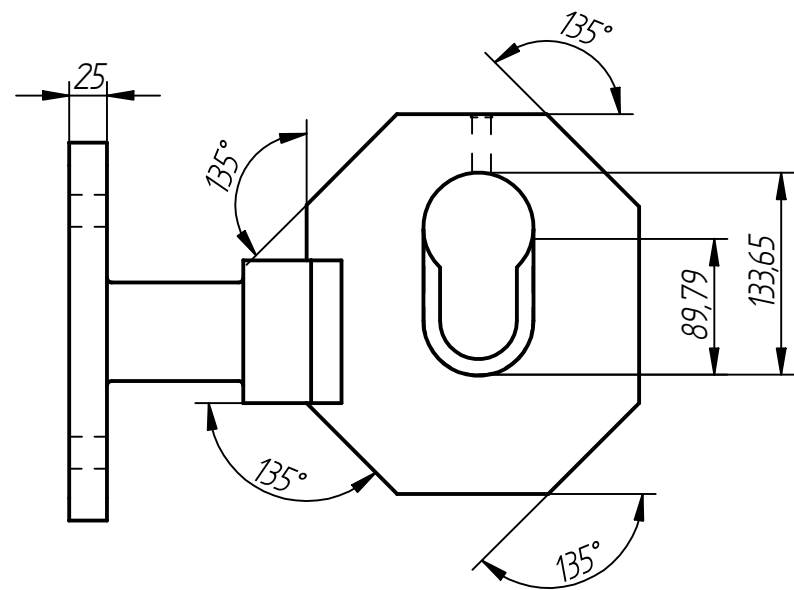
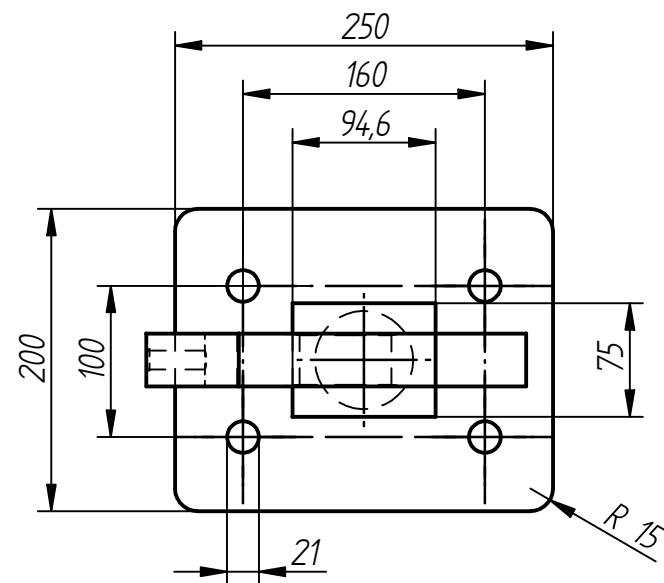


	Nombre	Fecha	 <div> Universidad Carlos III de Madrid </div>		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15			
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Denominación Placa para ensayo dinámico vertical (5ªrueda)		
			Referencia ENS-005		
Formato A3			Material: Acero AISI 2340		
			Escala: 1:5	Peso: 58,61 Kg	Página: 8

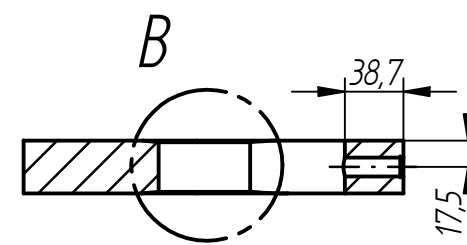


	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación		
Aprobado	CSH	22/09/15	Util para ensayo dinamico horizontal (5° rueda)		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Referencia ENS-006		
Formato	A3		Material: Acero AISI 2340		
			Escala: 1:5	Peso: 45,5 Kg	Página: 9

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

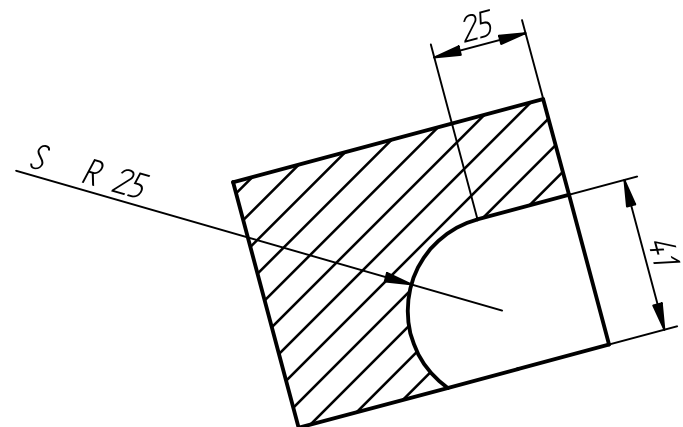
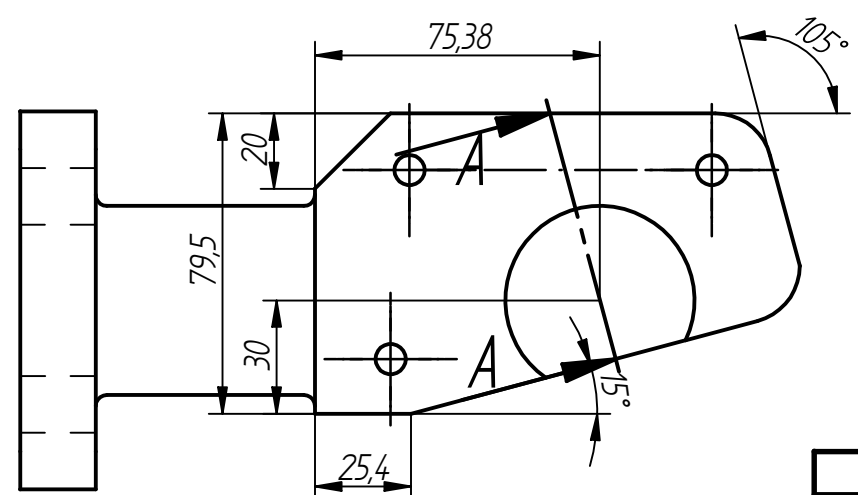
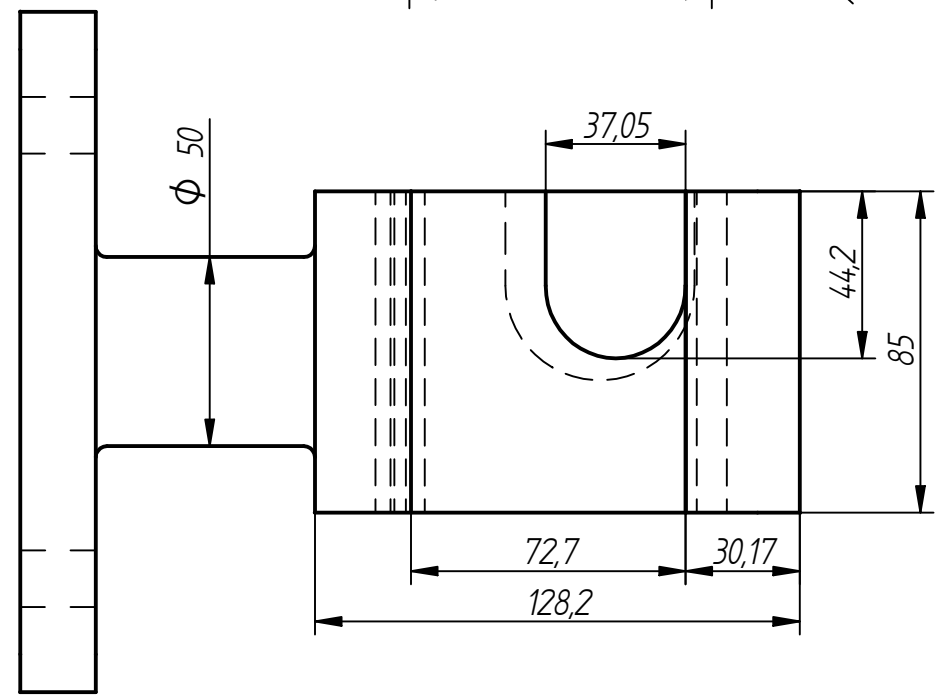
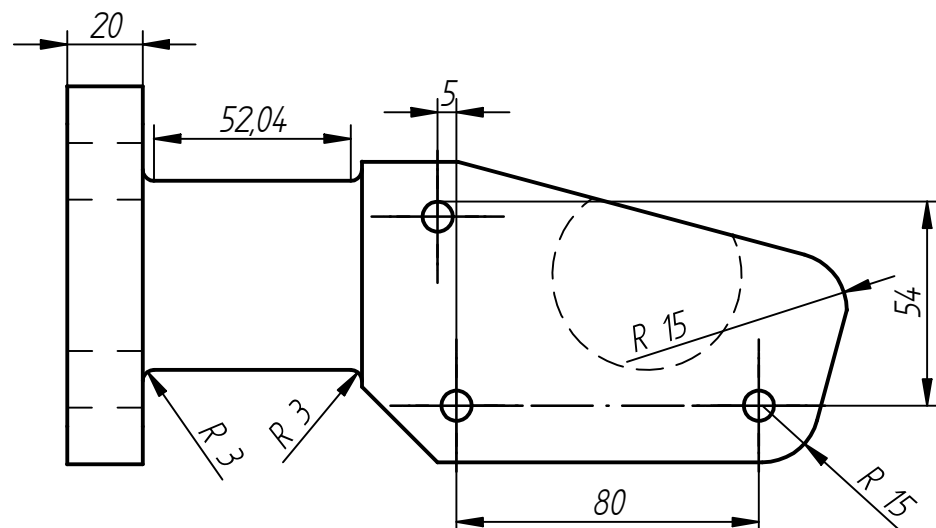
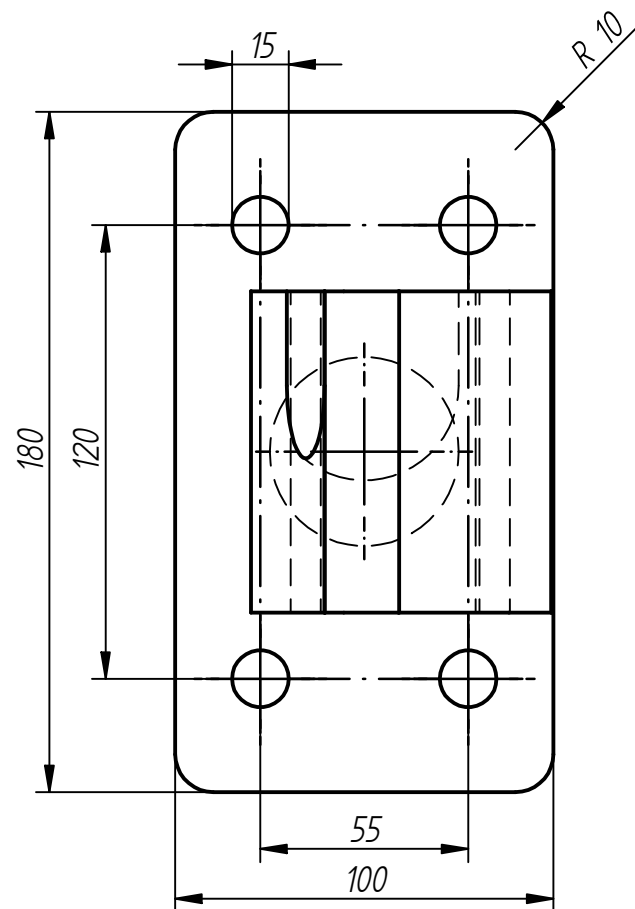


DETALLE B
1:2



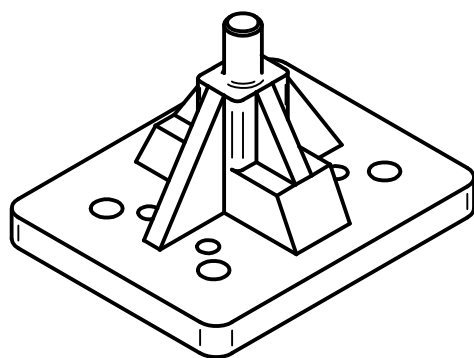
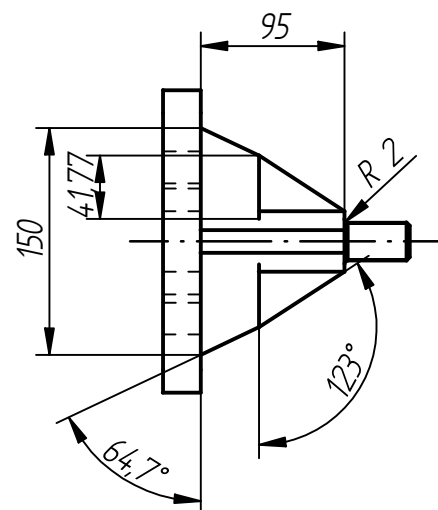
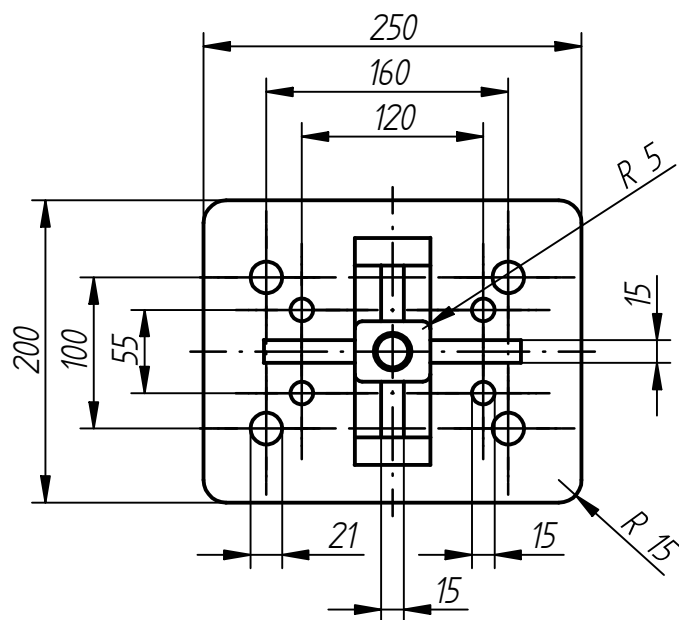
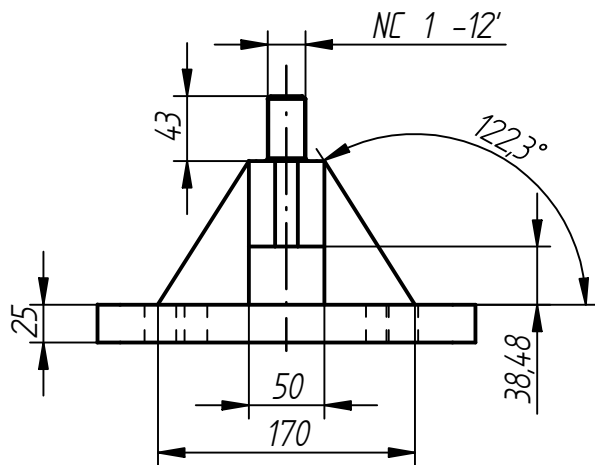
SECCIÓN A-A

	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación		
Aprobado	CSH	22/09/15	Útil para ensayo dinámico (pivote de 5° rueda)		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Referencia		
Formato			Material: Acero AISI 2340		
A3			Escala: 1:5		
			Peso: 25,42 Kg		
			Página: 10		

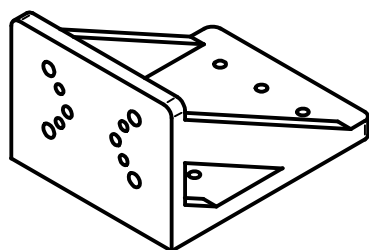
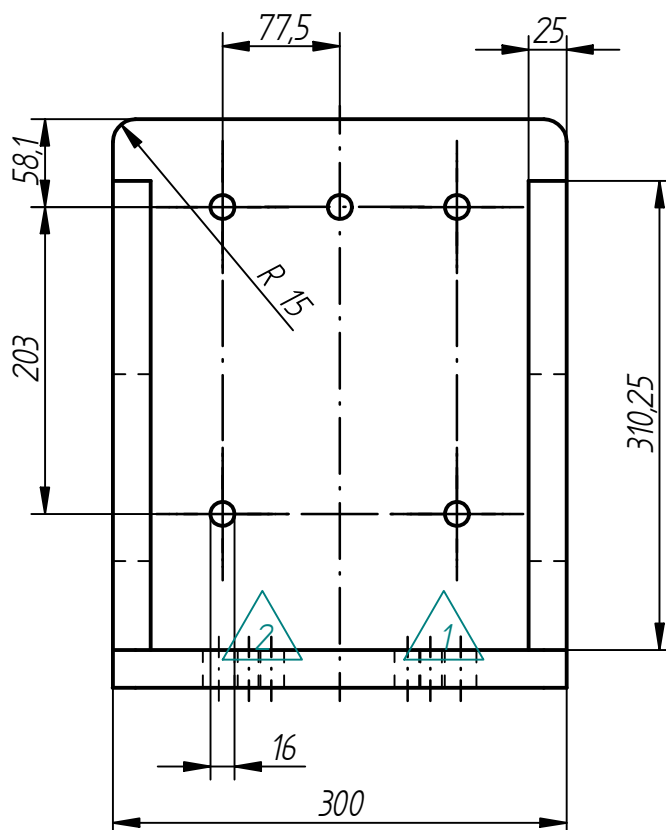
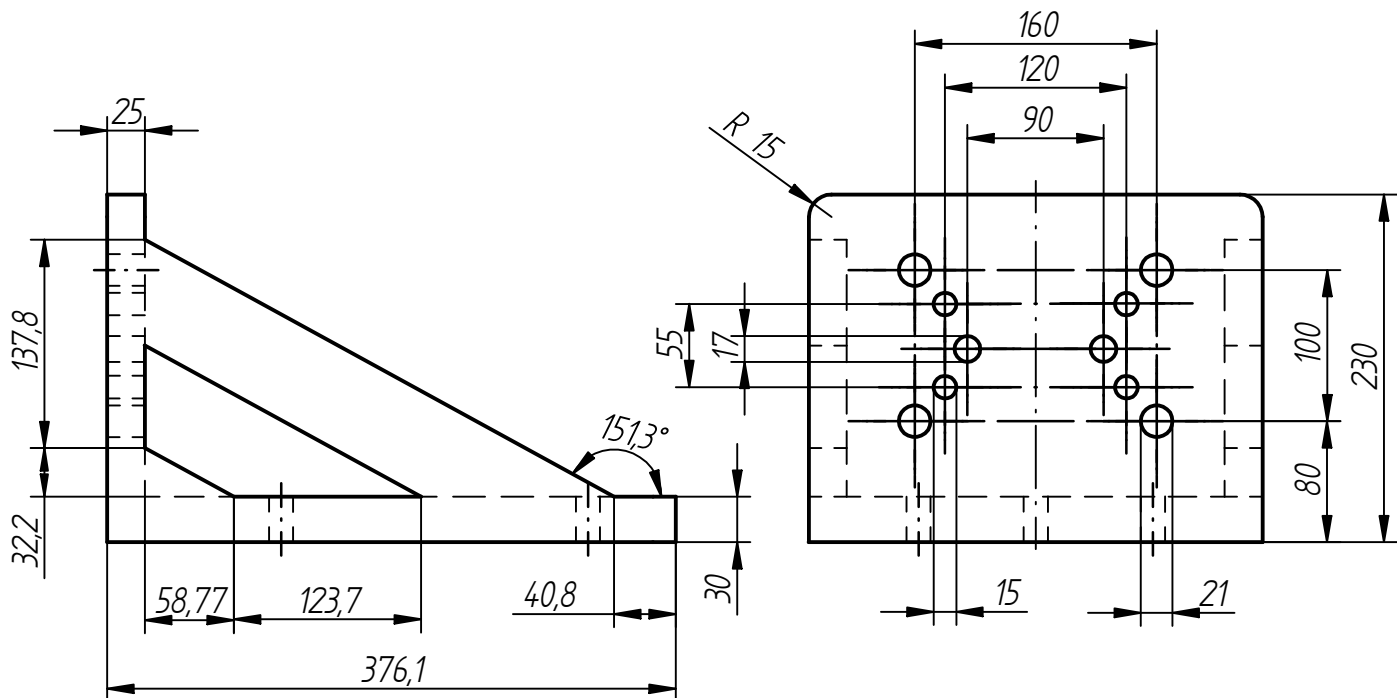


SECCIÓN A
1:2

	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación:		
Aprobado	CSH	22/09/15	Util para ensayo dinamico de bola de remolque		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,01 y ±0,1°			Referencia: ENS-008		
Formato			Material: Acero AISI 2340		
A3			Escala: 1:2	Peso: 8,2 Kg	Página: 11



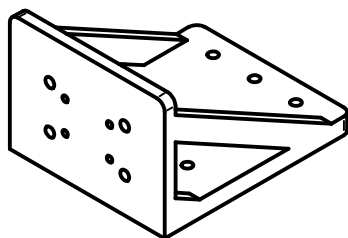
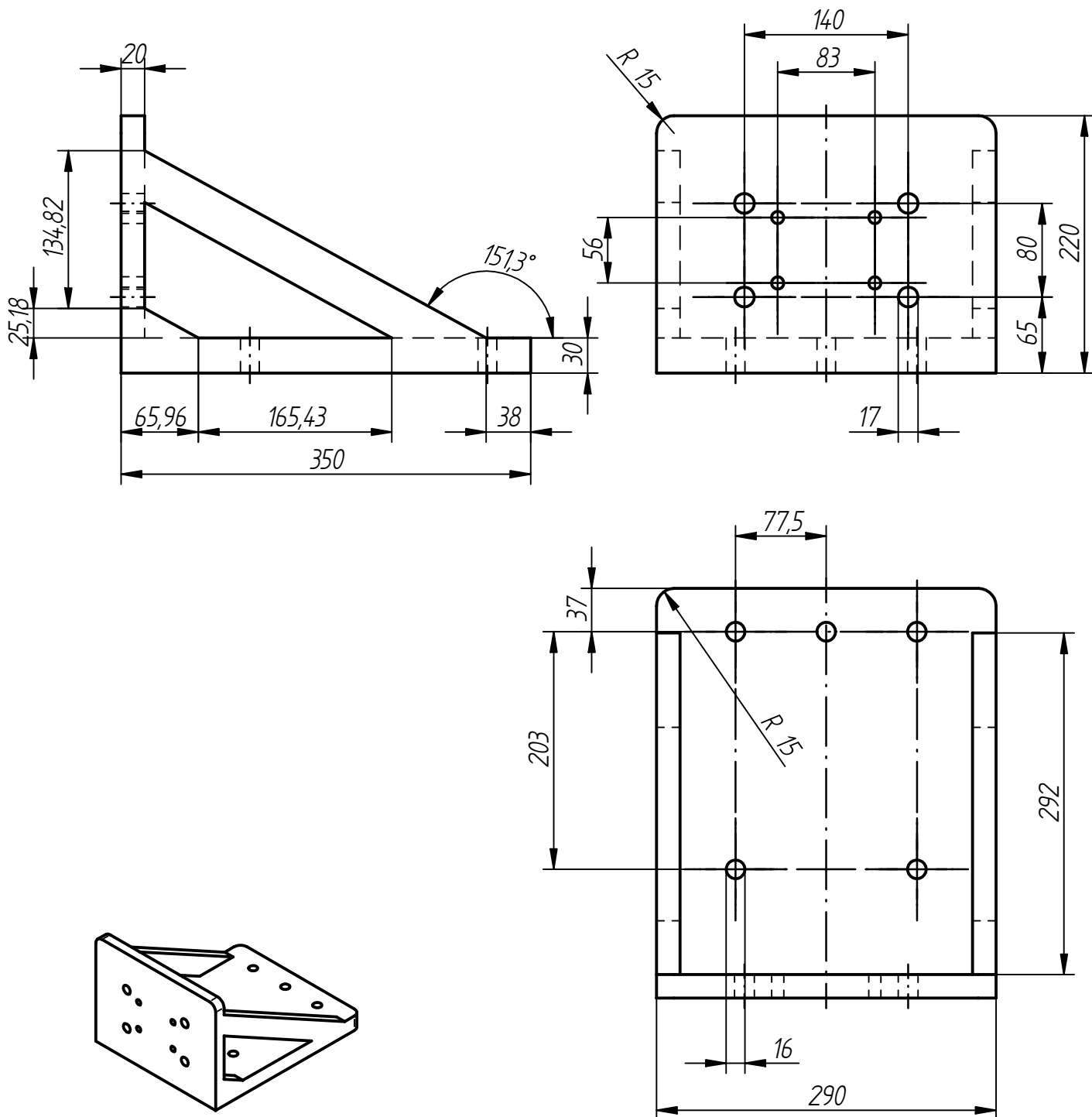
	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15			
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Denominación		
			Acoplamiento para dispositivos en pistón		
			Referencia		
			ENS-009		
			Material: Acero AISI 2340		
			Escala: 1:5	Peso: 13,06 kg	Página: 12




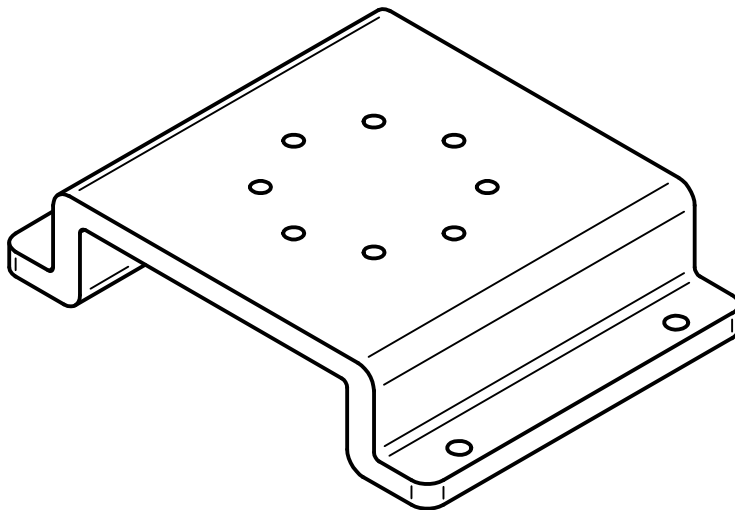
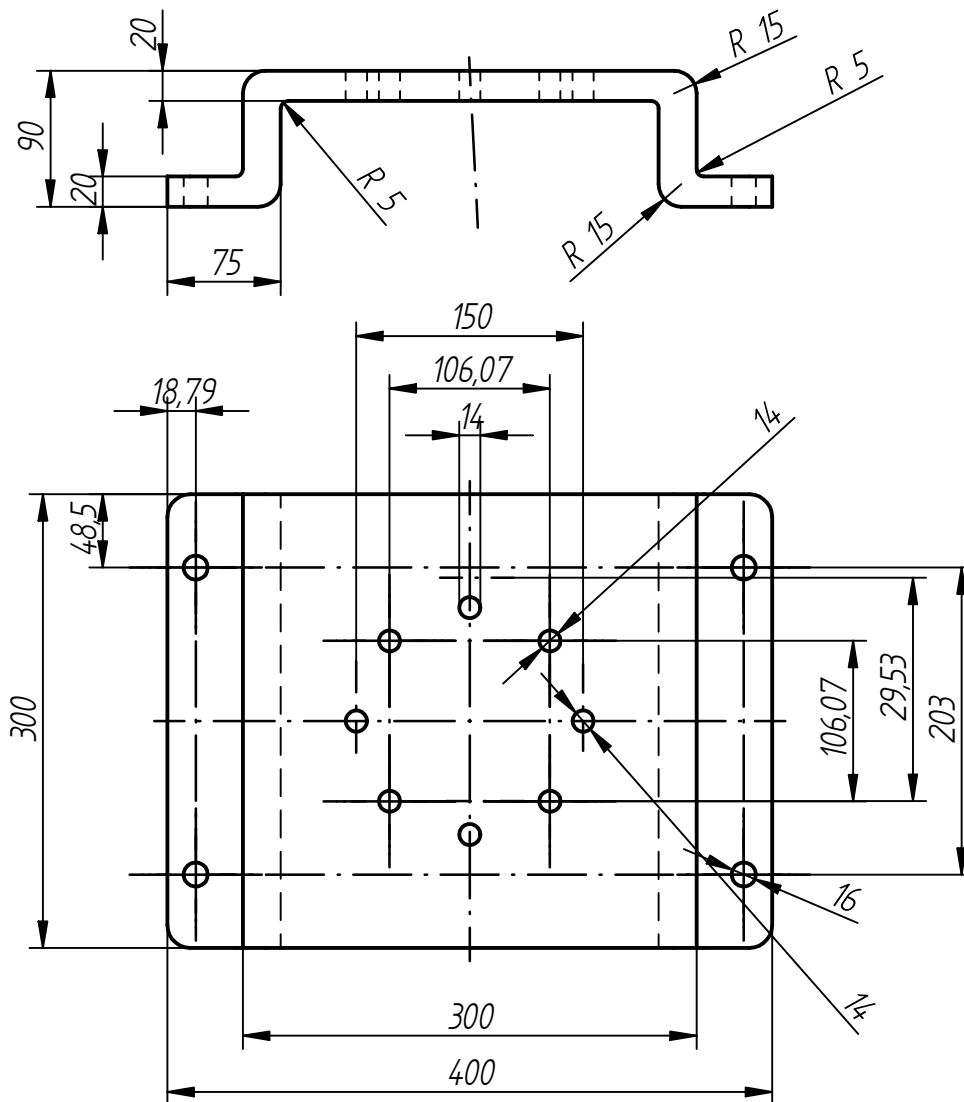
	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15			
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Denominación		
			Soporte grande		
			Referencia		
			ENS-010		
			Material: Acero AISI 2340		
			Escala: 1:5	Peso: 44,06 kg	Página: 13


SOLID EDGE ACADEMIC COPY

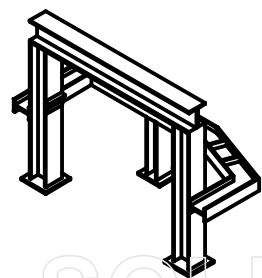
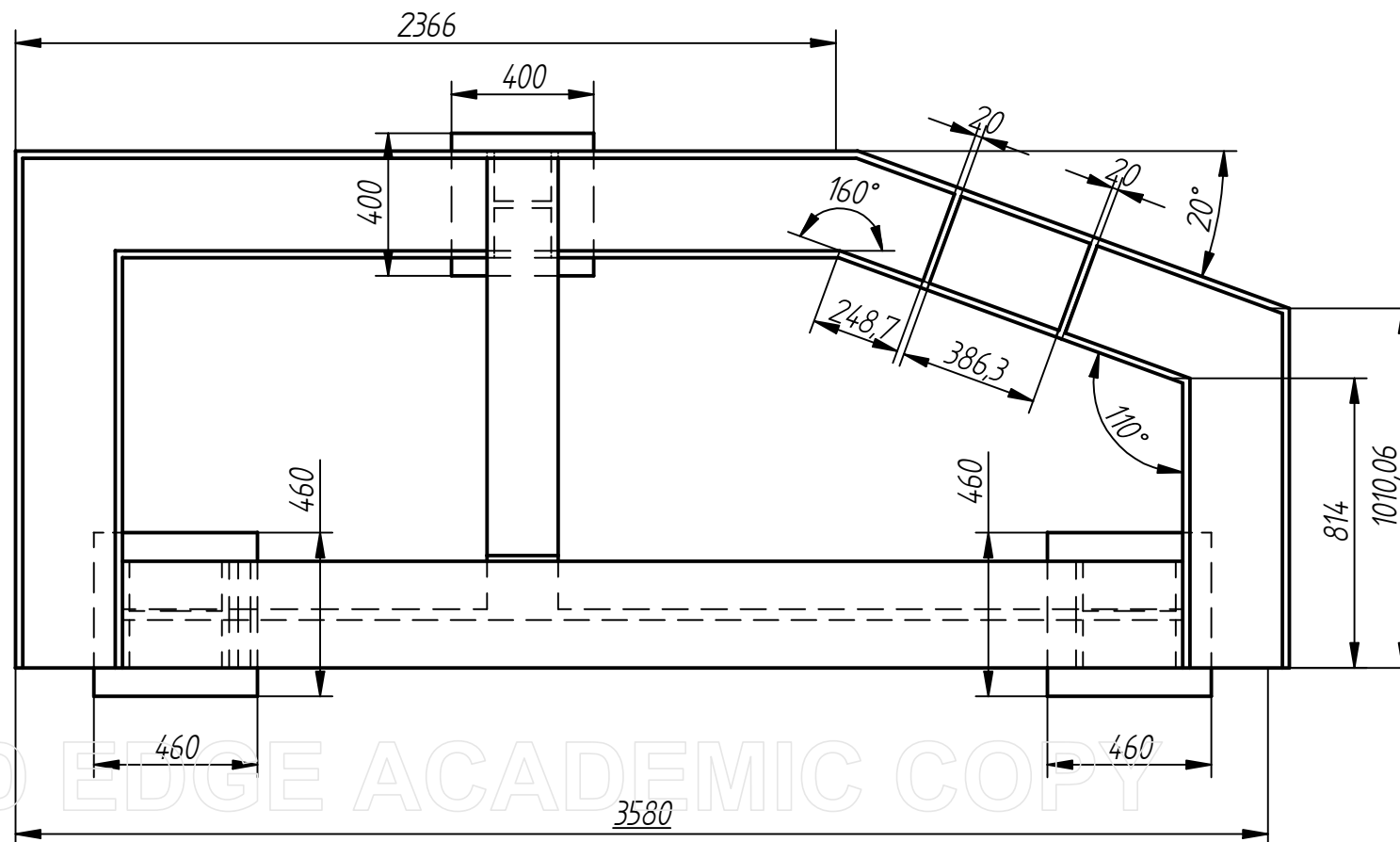
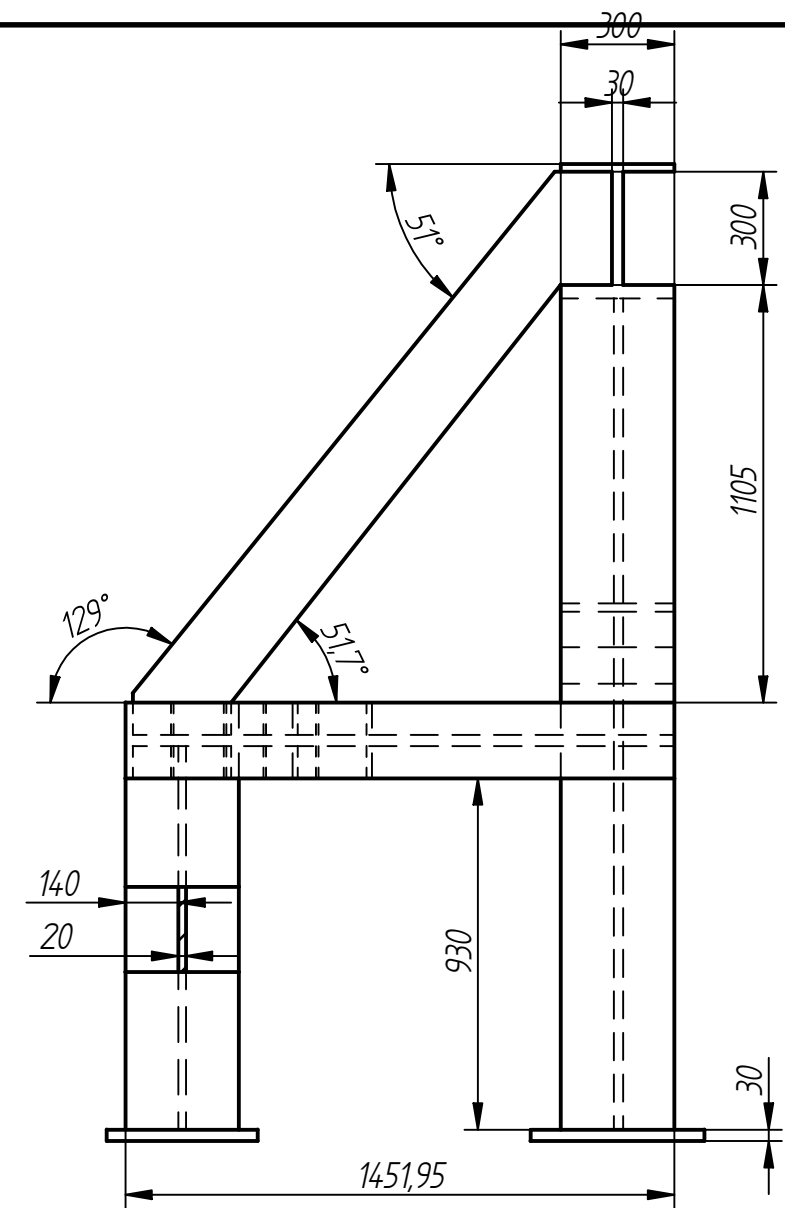
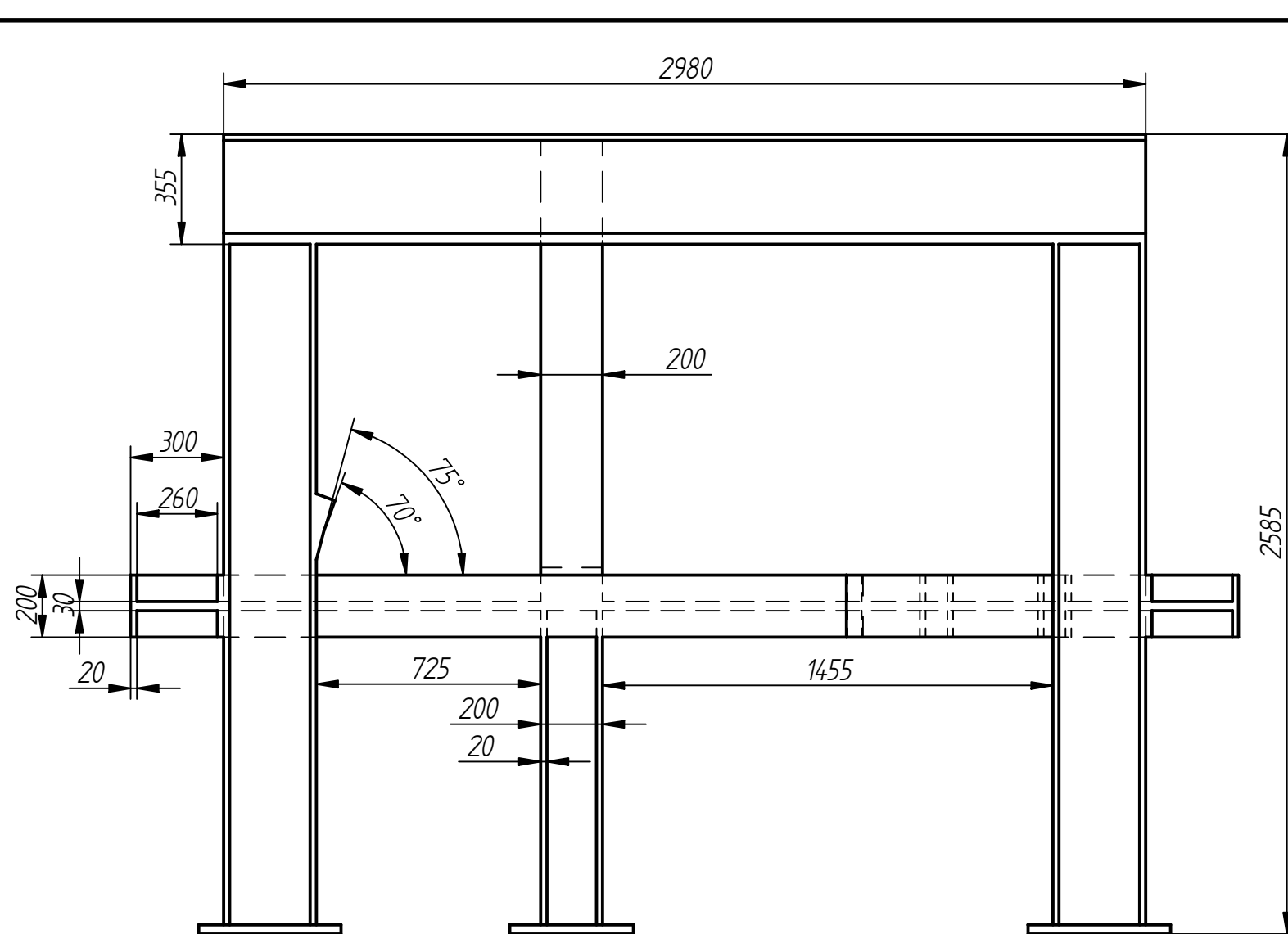





	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15			
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Denominación Soporte pequeño		
			Referencia ENS-011		
Formato A4			Material: Acero AISI 2340		
			Escala: 1:5	Peso: 35,12 kg	Página: 14

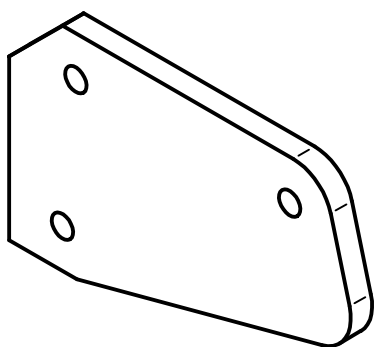
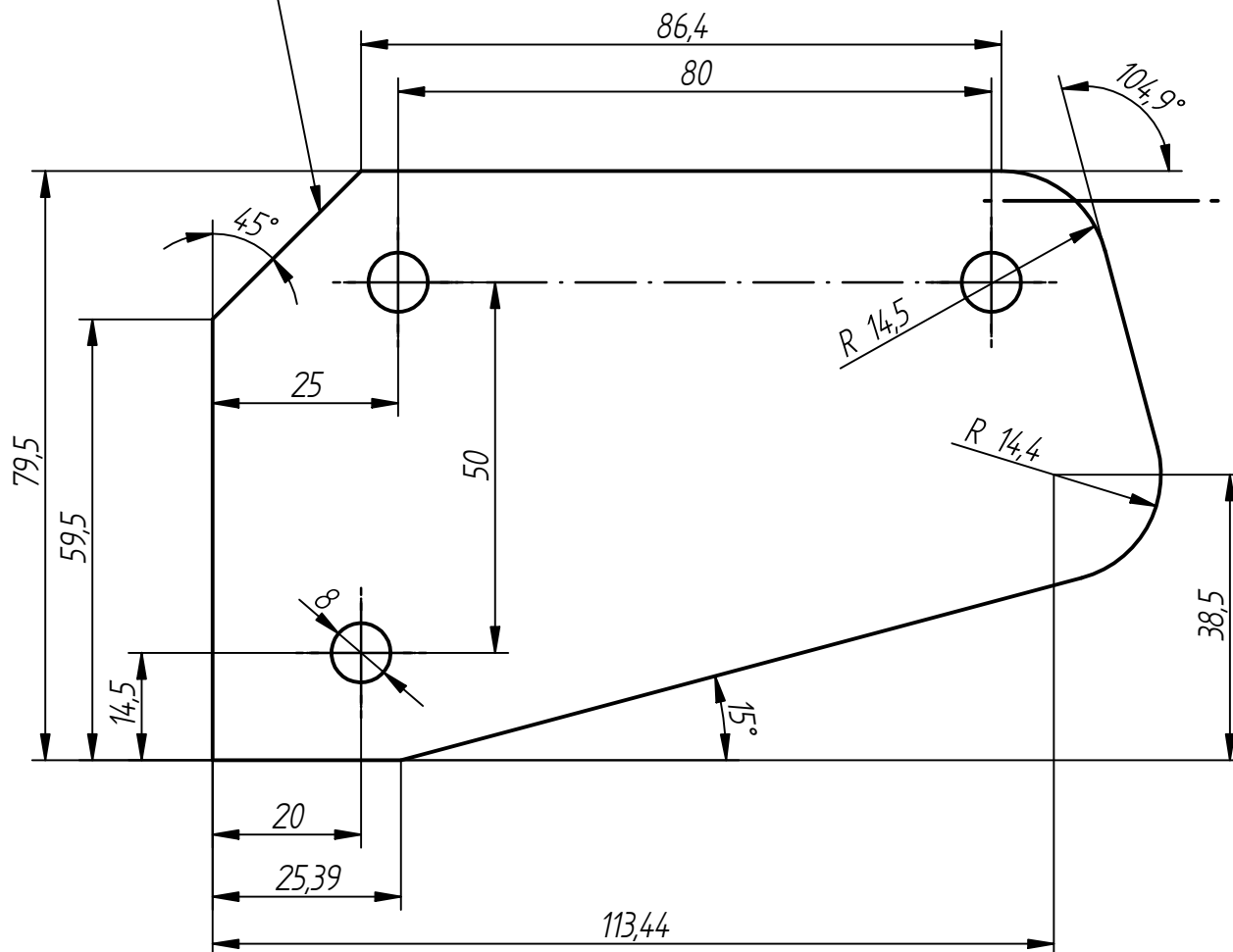



	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15			
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Denominación Soporte de pivote de 5ª rueda		
			Referencia ENS-012		
Formato A4			Material: Acero AISI 2340		
			Escala: 1:5	Peso: 25,82 kg	Página: 15

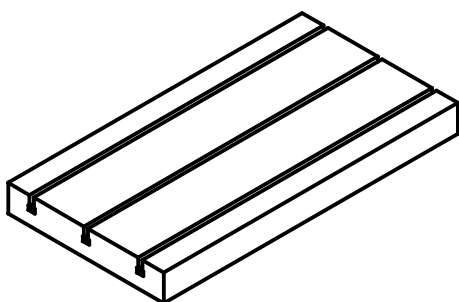
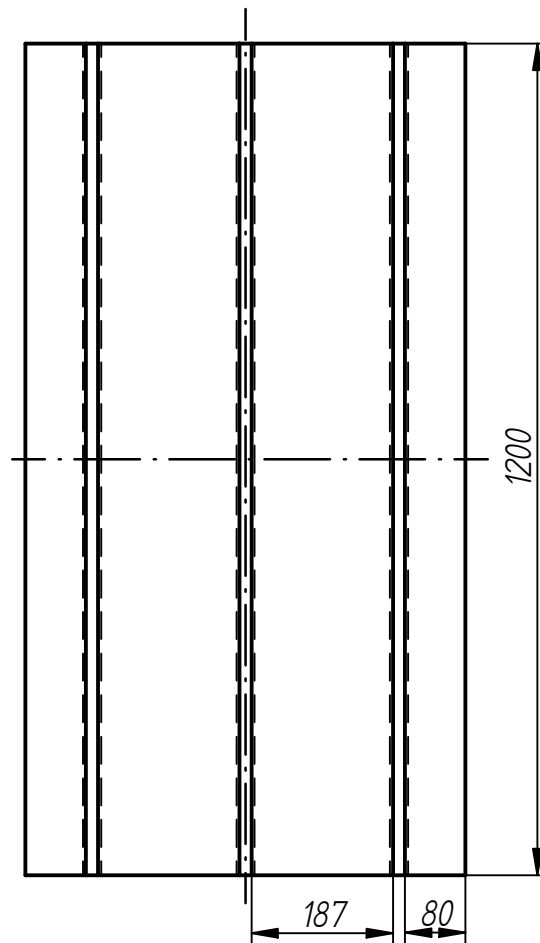
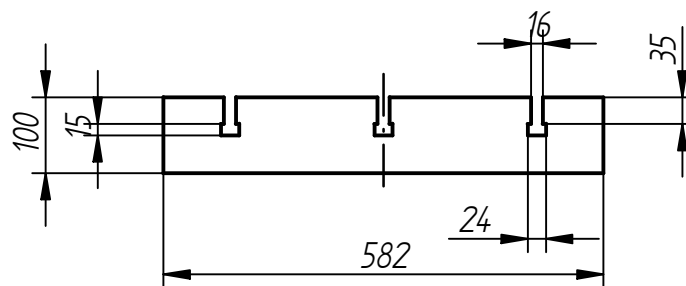




	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación		
Aprobado	CSH	22/09/15	Marco de ensayos		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Referencia		
Formato			Material: Acero S 275 JR		
A3			Escala: 1:20		
			Peso: 2550 Kg		Página: 16

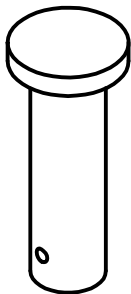
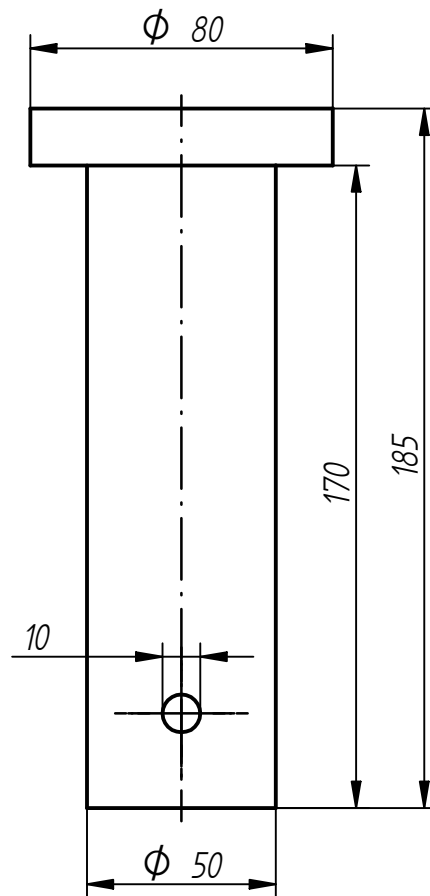
Espesor de 8 mm


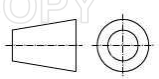


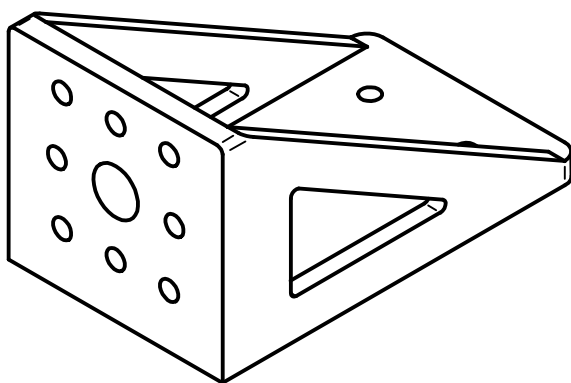
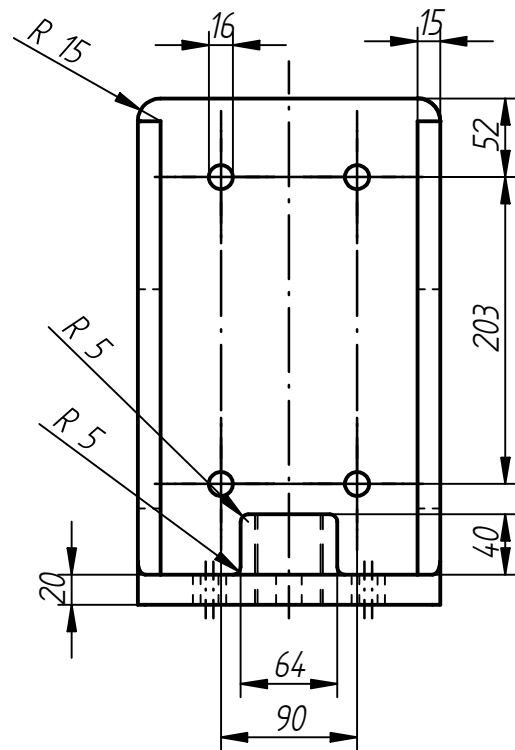
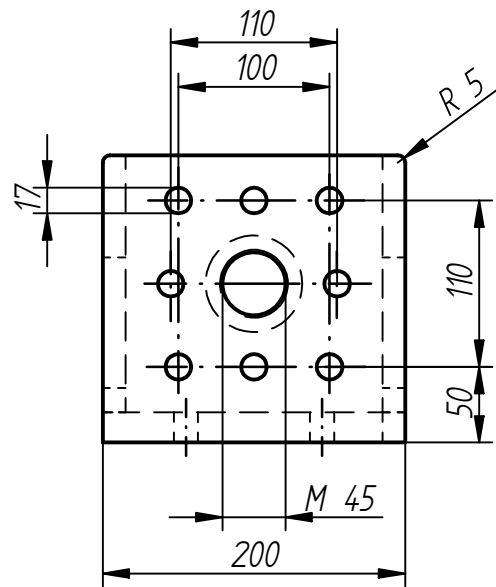
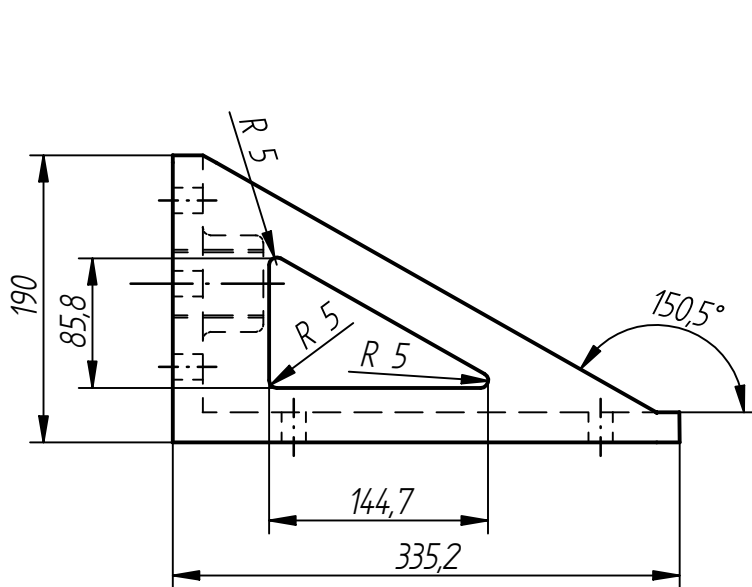
	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación		
Aprobado	CSH	22/09/15	Tapa para útil de bolas de remolque		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Referencia		
Formato			ENS-014		
A4			Material: Acero ANSI 2340		
			Escala: 1:1	Peso: 1,7	Página: 17




	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación Base para sujeciones		
Aprobado	CSH	22/09/15			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Referencia ENS-015		
Formato A4			Material: Acero AISI 1040 (revenido)		
			Escala: 1:20	Peso: -	Página: 18



	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación		
Aprobado	CSH	22/09/15	Bulón		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Referencia		
			ESN-016		
Formato			Material : Acero AISI 1040 (revenido)		
A4					
Escala: 1 : 2		Peso: 3,87 Kg		Página: 16	



	Nombre	Fecha	 Universidad Carlos III de Madrid		
Dibujado	CSH	22/09/15			
Comprobado	CSH	22/09/15	Denominación		
Aprobado	CSH	22/09/15	Soporte para anillos de remolque		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,01$ y $\pm 0,1^\circ$			Referencia		
Formato			Material: Acero ANSI 2340		
A4			Escala: 1:5	Peso: 19,75 kg	Página 20